

砂漠化の対処において
農業生産構造の転換が果たした役割と課題
——中国・陝西省北部の黄土高原を事例に——

原 裕太

目 次

摘要（日本語）

Abstract（English）

摘要（简体中文）

I	はじめに	1
1.	世界の乾燥地問題	1
1)	乾燥気候地域における社会的，生態的課題	1
2)	国際的な取り組みとその現状	5
2.	本研究の位置づけ	7
3.	目的と論文の構成	10
1)	目的	10
2)	論文の構成	10
II	黄土高原および陝北黄土高原の現状	12
1.	黄土高原地区の概要	12
1)	自然環境	12
a)	位置と地勢	12
b)	気候，地質条件と水文環境	14
c)	植生	19
2)	人口分布，地域経済，住民生活	21
3)	農牧生産と農業的土地利用	25
2.	陝北黄土高原の概要	30
1)	自然環境と行政区分	30
2)	社会経済状況と農牧生産の現状	32
III	黄土高原地区における「砂漠化」の成り立ちと対処	35
1.	乾燥気候メカニズムと人間活動	35
1)	農耕社会・牧畜型農耕社会の成立と，砂漠化・土地劣化問題の萌芽	37

2) 秦漢～隋唐期の開発と伝統的農業生産の成立.....	38
3) 宋～明清期の開発拡大と現景観の形成.....	41
2. 近現代における農業・農村問題と自然環境への対応.....	44
1) 民国期の政策的模索と農村の実情.....	45
a) 農村環境の現状把握に向けた取り組み.....	45
b) 農業生産と農村経済の実情.....	48
2) 中華人民共和国・計画経済期の対策と課題.....	52
a) 1949年～1950年代.....	52
b) 1960年代～1978年.....	54
3) 「改革・開放」後の成果と課題.....	56
a) 食糧事情の改善と「三農問題」の顕在化.....	56
b) 「退耕還林」の始動と「三農問題」への対応.....	58
3. 今後の課題.....	63
1) 残された課題.....	63
2) 顕在化する新たな課題.....	65
a) 農業生産と水質・土壌汚染.....	65
b) 農業生産と水不足.....	67
IV 農業生産構造の転換が化学肥料・農薬使用量の増加に及ぼした影響.....	70
1. 背景.....	70
1) 化学肥料・農薬と農業生産構造.....	70
2) 問題の所在.....	72
3) 目的.....	73
2. 方法および研究資料.....	74
3. 肥料，農薬に関する作物，家畜排泄物の化学的特性.....	75
4. 陝北黄土高原における農業生産構造の変化（1996～2009年）.....	78
1) 化学肥料，農薬使用の推移と地域的特徴.....	79
2) 畑作・果樹作の地域性と変化.....	82
3) 家畜の種類・頭羽数の地域性と変化.....	84
5. 重回帰モデルの結果.....	87

6. 結果の解釈と化学肥料，農薬の使用促進要因.....	89
1) 栽培用途の変化と化学肥料の多投化	89
2) ナツメ栽培の地域親和性とリスク	94
3) 有機質肥料や物理的，生物的対処の効果.....	95
4) 施肥水準の妥当性と土地利用の課題	96
7. 小結	99
V 黄土丘陵における河岸地域の経済的優位性と村間格差の実態	101
1. 背景	101
1) 退耕還林実施地域の社会経済状況と問題の所在	101
2) 目的	102
2. 調査対象と研究資料.....	102
1) 呉起県における退耕還林	102
2) 呉起県呉倉堡郷の概要	102
3) 研究資料.....	104
3. 方法	105
1) クラスタ分析	105
2) 河岸地域の土地利用調査	106
4. クラスタ分析の結果とクラスタの空間分布	107
1) クラスタ分析の結果.....	107
2) クラスタの空間分布.....	108
5. 農業における河岸地域の経済的優位性	110
1) トウモロコシの栽培.....	110
2) ビニルハウスの立地と収益性	115
6. 小結	116
VI 食糧生産・消費構造の変化と地域内外への影響	118
1. 背景	118
2. 食糧を取り巻く地域環境の変化	119
1) 呉起県における食糧生産・消費の変化.....	119
2) 呉起県における穀物小売環境の形成	119

3. 方法	120
4. 結果	121
1) スーパーマーケットの立地	121
2) 産地の動向と店舗間の比較	122
a) 小麦粉の産地	123
b) 精米の産地	123
5. コムギ・コメ生産地の地域特性とその背景	125
1) 近隣地域からの供給	125
2) 国内遠隔地からの供給	127
3) 国外からの供給	127
6. 食糧消費量の規模の推定	129
7. 小結	129
VII おわりに	131
1. 本研究で明らかになったこと	131
1) 黄土高原地区における「砂漠化」の成り立ちと対処	131
2) 農業生産構造の変化が化学肥料・農薬消費量の増加に及ぼした影響	132
3) 黄土丘陵における河岸地域の経済的優位性と村間格差の実態	132
4) 食糧生産・消費構造の変化と地域内外への影響	132
2. 呉起県における「農業生産構造の転換」の総括	133
3. 成果の空間代表性と地域性	135
4. 課題改善の方向性に関する提案	136
1) 短期的な対応	136
2) 中長期的な展望	137
5. 本研究の意義と課題	140
参考文献	142
謝 辞	162

砂漠化の対処において農業生産構造の転換が果たした役割と課題 ——中国・陝西省北部の黄土高原を事例に——

キーワード：乾燥地農業，空間立地，化学的環境負荷，食糧・農業生産，経済格差

はじめに

世界の乾燥地では「砂漠化」と呼ばれる土地劣化が、地域の持続的発展に対する重大な脅威である。各地では土壌侵食や表土喪失、塩類集積が発生し、さらに、地域の公衆衛生や社会経済に関する様々な課題が誘引されている。砂漠化の改善が難しい理由の一つは、砂漠化の主な原因が農業活動である一方、農業活動が住民の生存にとって不可欠な存在であるという点にある。そのため砂漠化の対処には、農業に係る多角的な視点が必要で、陸域生態系の適切な管理とともに、住民生活の維持・向上、安定的な食糧供給の並行した実現が渴望されている。中国・黄土高原でも、とくに 11 世紀以降、気候の乾燥化と人口増加に起因する傾斜地全域での過耕作、過放牧によって土地劣化が進み、結果として深刻な食糧不足、飢餓問題、土砂災害が引き起こされた。黄土高原の状況が他の乾燥地と大きく異なるのは、過去約 100 年間に渡る政府の対策と学術研究の結果として、2010 年代半ばには上述のような諸課題の多くが大幅に改善されたことである。たとえば、1960 年代以降、チェックダム建設によって下流への流出土砂が減少するとともに、新たに生まれたダム内の沃地を中心にトウモロコシ栽培が導入されたことで食糧事情が改善された。農業活動による植生劣化と土壌侵食という根本原因に対しても、2000 年代以降、食糧事情の改善を受けて斜面耕地が大々的に緑化され、地域の植生が大幅に回復された（退耕還林）。さらに、退耕還林後の生活補助や換金作物栽培の奨励、農業関連の税制優遇等によって、農村住民の平均収入は急速に増加するに至った。こうして、栽培作物や農業的土地利用の転換が砂漠化の改善に大きく貢献した。

一方、現在の農業生産によって、地域の生態系や社会経済に新たな課題が生じている。環境負荷の面では、農薬や化学肥料に起因すると考えられる水質、土壌汚染が発生している。住民生活の面でも、政策にうまく適応できない世帯の存在が報告されている。さらに、食糧供給の面では、喫緊の課題は報告されていないものの、換金作物栽培の拡大

と収入の増加によって、食糧消費が大きく変容していると指摘され、かつ消費構造の変化に伴う地域内外への影響やリスクはこれまでほとんど評価されていない。以上のように、黄土高原では農業生産によって新たな課題が生じており、地域の自然環境、社会環境が許容可能な農業生産活動のあり方、今後求められる具体的な改善の方向性を明らかにすることが喫緊の課題となっている。そこで本研究では、陝西省北部の黄土高原（陝北黄土高原）を例に、一連の砂漠化対処を「農業生産構造」の面から整理し、環境負荷、住民生活、食糧供給の各視点から、現在の農業生産構造による課題とリスクを明らかにする。さらに以上を踏まえ、農業生産構造の改善策を提示し、「ポスト退耕還林」時代を見据えたより良い地域振興策、農業生産のあり方を検討する。なお、本研究では栽培作物や家畜の種類、構成、およびそれらによって形成される農業的土地利用を総称して「農業生産構造」と定義する。

農業生産構造の転換が化学肥料・農薬消費量の増加に及ぼした影響

まず、1996～2009年の陝北黄土高原を対象に、重回帰モデルを用いて、化学肥料および農薬使用の地域間、年度間の差を説明する因子を抽出した。その結果、農薬では、リンゴ栽培の影響が極めて大きいことが示され、リンゴ園での農薬削減の取り組みが地域の農薬汚染の改善に強く寄与すると示唆された。化学肥料では、多くの養分を必要とするリンゴ栽培の拡大に加えて、加工・換金を主目的とするジャガイモやトウモロコシ栽培の面積と頻度の増加、土壌肥沃度の維持・向上に有用な役畜やヤギの排泄物の減少、伝統的に輪作され、自家消費されてきたアワ・キビ栽培の縮小等が、強く影響していることが示された。加えて、植物栄養学の観測値と統計情報から、地域全体の施肥水準の妥当性を検討した。その結果、陝北黄土高原北部の榆林市では、トウモロコシやジャガイモの栽培地で化学肥料が過度に施与され、畑地ごとの施与量の削減、管理が必要であること、その際、地方政府には畑地のモニタリングや農家への啓発活動が求められること、南部の延安市では、域内に存在するリンゴ園の総面積が過大で、農業的土地利用と生業構造の見直しが必要である可能性が示唆された。

黄土丘陵における河岸地域の経済的優位性と村間格差の実態

次に、陝北黄土高原西部に位置する呉起県の一つの郷を事例に、退耕還林後の生活状況について村々の類似性を検証すべく、行政村を単位とするクラスタ分析を行い、分類結果を地図上に表現した。分析には、郷政府から独自に入手した行政村ごとの各種社会

経済データを用いた。行政村の空間立地に着目することで、河岸地域の経済的優位性が見出された。一方で、丘陵奥地の行政村では、退耕還林による農業生産構造の変化や各種農村支援策の後も、低い平均収入や高い生活保護世帯率などが課題として存在していることが明らかになった。その上で、郷の河岸全域で土地利用調査を行い、村間格差の背景を考察すると、河岸地域では平坦で湿潤な耕地の立地を生かして、高い収益性が見込まれる飼料用トウモロコシ栽培やビニルハウスでの野菜栽培が展開されていた。対して、丘陵奥地では販売価格が相対的に低いジャガイモや雑穀が主に栽培されていた。こうした地形条件に起因する農業生産の違いが、村間格差に強く影響していると示唆された。

食糧消費構造の変化に伴う地域内外への影響

さらに、呉起県の小売店を対象に、販売されている精米、小麦粉の産地、品種に関する市場調査を実施した。その結果、精米、小麦粉の供給元は3つに大別でき、中でも近隣穀倉地域（寧夏平原、関中平原）の商品流通が最も多く、次いで遠隔地となる全国規模の生産地（黄淮海平原、東北部）、さらに香り米を生産する東南アジア稲作地域の順となった。こうした流通が形成された背景として、生産地と消費地との地理的近接性、中国北部の広域流通ネットワークの展開、住民の収入増加による食の嗜好の多様化が示唆された。また、今後の食糧供給上の課題について検討を試みると、上記の国内供給元では、農業活動や気候の乾燥化による水資源上のリスクが顕在化しており、食糧生産量の顕著な減少が報告されている。加えて、全住民が食糧を外部生産に完全に依存した際の供給元への影響を算出すると、陝北黄土高原における食糧消費量は、寧夏回族自治区全体のコメ生産量の1.1~1.2倍、コムギ生産量の1.7~1.8倍に上ることが示された。以上を踏まえると、地域マネジメント上、食糧供給の点で考慮すべき空間範囲は大きく変化しており、今後、米・小麦食中心の食糧消費を維持、拡大させる場合には、消費者である陝北黄土高原住民が、供給の安定性や価格面で何らかの悪影響を受ける可能性が示唆された。

おわりに

呉起県では、換金目的のトウモロコシとジャガイモの栽培による、化学的環境負荷の増加や、立地環境に起因する村や世帯の経済格差と丘陵奥地の貧困問題、食糧の外部依存の進行が、課題として示された。そこで、当該結果の空間代表性について検討を試み

ると、黄土高原のうち、温帯森林草原地帯に属する黄土丘陵では、呉起県と同様の気候、地形条件下で、トウモロコシとジャガイモの栽培を主とする農業生産が展開されていることから、環境負荷、住民生活、食糧供給の各面で類似の課題が生じていると推察される。なかでも、山西省西部や寧夏回族自治区南部、甘肅省の各県は、相対的に農村住民の平均収入が低く、国内の貧困基準を上回るものの、世界銀行の設定する貧困ライン（ $\leq 1.9\text{USD/日}$ ）、準貧困ライン（ $\leq 3.2\text{USD/日}$ ）を下回る地域が多い。そのため、上記の各行政区では、立地条件に応じた生活状況の把握と各種支援によって、貧困層をより効果的に削減できる可能性が期待される。

その対策として、短期的には、村・世帯の立地環境に応じた経済支援の拡充を検討することが求められる。たとえば、退耕還林後の生活補助の期間を、村や世帯の立地条件に応じて柔軟に延長できるような仕組みにすることが有効と考えられる。なぜなら、リンゴ栽培は環境負荷が大きく、トウモロコシ栽培やビニルハウスは丘陵奥地での導入が難しい等、既存の対応策には課題が多いからである。

長期的には、丘陵奥地の生業活動が持続的になることが求められる。その方法論として本研究では、アワ・キビ栽培やヤギ等の有蹄類家畜の飼育といった伝統的な農業生産の有用性に着目することを提案する。たとえばアワ・キビ栽培は、水消費量と化学的環境負荷が小さい。そのため、気候変動による将来的な食糧リスクを低減でき、かつトウモロコシやジャガイモの栽培頻度の低下を通じて、これら換金作物栽培の持続性を向上させることにも貢献できる。アワ・キビ栽培の課題は、まず過去の人口増加と増産圧力に対応できなかったことである。これに対しては、今後もコメやコムギを生産地に影響のない範囲で一定程度「輸入」することで、今日の人口を養うことは可能である。その際には食糧流通に関わる各種影響を丁寧にモニタリングすることが求められる。次に、アワ・キビ栽培の経済的メリットが低い点が挙げられる。これに対しては、近年、栄養学、疫学の研究成果によって、アワ・キビの食品としての高い潜在価値が明らかにされつつあり、世界中の健康志向の高まりとともに社会ニーズも拡大していると指摘される。こうした点をうまく利用することで、将来的に付加価値の創出と販売価格の上昇を通じて、丘陵奥地住民の所得向上に貢献できる可能性がある。以上を踏まえると、政府には短期的な対応策とともに、長期的視点に立って、伝統的な農業生産の長所を現代社会で活用できるような、産業振興や技術・商品開発に対する投資、そのための環境整備が求められる。

Abstract

**The role of and issues with changing agricultural production structures as a countermeasure against desertification:
A case of Northern Shaanxi Loess Plateau, China**

Keywords: dryland farming, spatial distribution and location, chemical environmental load, food and agricultural production, economic disparity

Introduction

Land degradation called “desertification” is a serious threat to the sustainable development of areas in arid regions of the world. In various regions, soil erosion, topsoil loss, and salt accumulation occur, causing various problems in public health and the social economy of the region. One reason it is difficult to implement improvement of desertification is that, while agricultural activities are the main cause of desertification, they are also essential for residents’ survival. For countermeasures against desertification, therefore, a multifaceted perspective on agriculture is necessary. At the same time, it is desired that the terrestrial ecosystem is being appropriately managed, the lives of residents are maintained and improved, and a stable food supply is secured. Especially after the 11th century, land degradation in the Loess Plateau in China progressed through over-cultivation and over-grazing on the hilly areas, due to climate drying and population growth. This resulted in severe food shortages, hunger problems and sediment disasters. The point where the situation of the Loess Plateau greatly differs from the other arid regions is that many of the above-mentioned problems were greatly improved before the mid-2010s as a result of government measures and academic research over the last 100 years. For example, since the 1960s, owing to the construction of check dams, the amount of sediment discharged downstream has been reduced, and maize cultivation has been introduced in the newly created fertile land in the dams, resulting in improvement in the food situation. As a result, even though agricultural activities are the root cause of vegetation deterioration and soil erosion, the region’s vegetation was greatly restored due to extensive greening of hilly arable land resulting from improvement in the food situation after the 2000s (Grain for Green program). Furthermore,

the average income of rural residents increased rapidly due to living assistance provided after the Grain for Green program, encouragement of cash crop cultivation, preferential agricultural tax treatment, etc. Thus, a change in the cultivated crops and conversion of agricultural land use have contributed greatly to improving the situation in the face of desertification.

On the other hand, due to the current agricultural production, new problems are arising in the local ecosystem and social economy. In terms of environmental load, water and soil pollution are occurring due to agricultural chemicals like insecticides and fungicides, and chemical fertilizers. In terms of residents' livelihood, the existence of households that cannot adapt well to these policies has been reported. Furthermore, although no urgent issues have been reported in terms of food supply, it has been noted that methods of food consumption are drastically changing due to the expansion of cash crop cultivation and increases in income. However, the impacts and risks from the changing consumption patterns have not been evaluated within and outside the region. As mentioned above, new problems are arising in the Loess Plateau due to agricultural production, and there is an urgent need to clarify the methods of agricultural production that the local natural environment and social environment can withstand, and to propose concrete directions for improvements required in the future. Therefore, in this research, the Loess Plateau in the northern part of Shaanxi Province (Northern Shaanxi Loess Plateau) is taken as an example to clearly establish a series of countermeasures against desertification from the aspect of "agricultural production structure," and to clarify the problems and risks in the current agricultural production structure from the viewpoints of environmental load, resident livelihood, and food supply, respectively. Based on the above, measures to improve the agricultural production structure are presented additionally and the improved measures for regional promotion and methods of agricultural production in anticipation of the "post-Grain for Green" era are examined. Note that in this research, the types and composition of cultivated crops and livestock, and the agricultural land use formed by them, are collectively defined as the "agricultural production structure."

The influence of converting the agricultural production structure on the increase of chemical fertilizers and agricultural chemicals consumption

First, variables were extracted to explain differences between chemical fertilizers and agricultural chemicals consumption for 1996 through 2009 in the Northern Shaanxi Loess Plateau by using a

multiple regression model. As a result, in terms of agricultural chemicals, it was shown that the influence of apple cultivation was extremely large, suggesting that efforts to reduce agricultural chemicals in apple orchards will greatly contribute to improvements in agricultural chemicals pollution in the region. In terms of chemical fertilizers, in addition to expansion of apple cultivation which requires a large amount of nutrients, it was also shown that there was a large influence from changes such as an increase in cultivation area and frequency of potatoes and maize, which were used mainly in manufacturing and as cash crops; a decrease of excrement of draft animals and goats, which was used for maintaining and improving soil fertility; and a decrease in traditional cultivation of millet which had been rotationally cropped for personal consumption. In addition, from the observed value and the statistical information of plant nutrition, the validity of fertilization levels of the whole area was examined. As a result, it was suggested that in Yulin City in the northern part of the Northern Shaanxi Loess Plateau, chemical fertilizer was applied excessively in maize and potato cultivation areas, and it was necessary to reduce and control the amount of application for each crop field. This requires a monitoring of crop fields and educational activities for farmers run by the local government. In Yan'an City in the southern part, it was suggested that the total area of apple orchards in the area was too large, with the possibility of the need to review agricultural land use and structure.

The economic advantage of riverfront areas in the loess hilly region and the reality of the disparities between villages

Next, the case of a village in Wuqi County located in the western part of the Northern Shaanxi Loess Plateau was taken as an example in order to ascertain the similarity of living situations between villages after the Grain for Green program. Using a cluster analysis with the administrative village as the unit, the classification results were expressed on a map. For the analysis, various socio-economic data of each administrative village were collected from the village governments and used in the study. By focusing on the spatial location of the administrative village, an economic advantage in riverfront areas was found. By contrast, in the administrative villages of the hilly back-country, it became clear that there is a problem of low average income and a high ratio of households receiving public assistance (Cluster D: 30% or more of households), even after the change in the agricultural production structure and

implementation of various farming village support measures owing to the Grain for Green program. On the basis of these results, the land use throughout the riverfront areas of villages was investigated and the background of the disparity between villages was examined. It was found that in riverfront areas, cultivation of maize for animal feed, which is expected to have high profitability, and vegetable cultivation in plastic greenhouses had been developed by utilizing flat and wet locations as cultivated land. Conversely, in the hilly back-country, potatoes and millet, which fetch relatively low selling prices, had been mainly cultivated. These results suggest that the differences in agricultural production due to such differences in terrain conditions strongly influenced the disparity between villages.

Impacts within and outside the region resulting from changes in food consumption structures

In addition, we conducted a market survey on the origin and varieties of polished rice and wheat flour sold in retail stores in Wuqi County. These results suggest that the source of rice and wheat flour can be roughly divided into three areas. Among these, supply from neighboring grain areas (Ningxia Plain, Guanzhong Plain) is the largest, followed by more remote grain cultivation areas throughout China (Huang Huai Hai Plain, Northeast China), and the smallest ones being grain cultivation areas of Southeast Asia, in which fragrant rice is produced. The background of the formation of such distribution patterns is suggested to be as follows: geographical proximity of the production area to the consumption area, development of a wide-ranging distribution network in northern China, and diversification of food preference resulting from an increase in residents' income. Also, when trying to examine food supply problems in the future, in the domestic supply sources mentioned above, risks to water resources are emerging due to agricultural activities and dry climate, and a remarkable decrease of food production has been reported. In addition, when estimating the influence on suppliers in cases where all residents are completely dependent on external production, it was calculated that food consumption in the Northern Shaanxi Loess Plateau was 1.1 to 1.2 times the rice production volume and 1.7 to 1.8 times the wheat production volume of the whole Ningxia Hui Autonomous Region. Taking these factors into consideration, the scope of areas to be considered in regional management of food supplies has been changing drastically. The data suggest that if food consumption centered on rice and wheat food staples is

to be maintained and expanded in the future, the consumers, that is, the residents of the Northern Shaanxi Loess Plateau, may be adversely affected in terms of stability of supply and price.

Conclusion

In Wuqi County, the following were shown to be problems: the increase of the chemical environmental load due to the cultivation of maize and potatoes as cash crops, the economic disparity between villages and households due to the location environment, the poverty problem in the hilly back-country, and the increase in dependency on external food sources. When trying to examine the spatial representativeness of these results in the loess hilly region of the temperate forest steppe of the Loess Plateau, we found that agricultural production, mainly of maize and potatoes, has been developed under the same climate and terrain conditions as Wuqi County. Therefore, it is assumed that similar problems have been arising in terms of environmental load, resident livelihoods, and food supply, respectively. Among these, the average income of rural residents is relatively low especially in the western part of Shanxi Province, the southern part of Ningxia Hui Autonomous Region, and each county of Gansu Province. Although the average income exceeds the domestic poverty line, there are many areas where the average income is lower than the poverty line ($\leq 1.9\text{USD/day}$) or the quasi-poverty line ($\leq 3.2\text{USD/day}$) set by the World Bank. For this reason, in each of the above administrative districts, it is expected that the possibility of reducing poverty more effectively is increased through better understanding of the living situation and tailoring various kinds of support based on local conditions.

As a measure for this, in the short term, it is desirable to consider expanding economic support depending on the location and environment of the village and household. For example, an effective solution would be to make the system flexible by extending the period of livelihood assistance even after the Grain for Green program, depending upon the contextual conditions of the village and household. This is because there are a lot of problems in the existing countermeasures. For example, apple cultivation is accompanied by a large environmental load, and maize cultivation or plastic greenhouses are difficult to introduce in the hilly back-country.

In the long term, it is necessary that livelihoods in the hilly back-country becomes sustainable. As its methodology, this research proposes to focus on the utility of traditional agricultural production, such as cultivation of millet and the breeding of ungulate livestock such as goats. For example,

cultivation of millet is accompanied by less water consumption and less chemical environmental load. Therefore, future food risk due to climate change can be reduced, and millet cultivation can contribute to improving the sustainability of cultivation of these cash crops through the reduction of frequency of maize and potatoes cultivation. The first problem of cultivation of millet is in the failure to respond to the past population increase and the resulting increased pressure on production. Regarding this concern, it is possible to feed current and future populations by “importing” a certain volume of rice and wheat to an extent that such imports do not affect their production areas. When importing rice and wheat, it is necessary to carefully monitor various factors influencing food distribution. The next problem of cultivation of millet is that the economic value in cultivating millet is small. With regard to this concern, it has been noted that the high potential value of millet as a food has been revealed by recent research on nutrition and epidemiology, and that social needs have been expanding along with increasing health consciousness worldwide. By making good use of these factors, there is a possibility of contributing to the improvement of income of residents in the hilly back-country through the creation of added value and increase of selling prices in the future. Based on the above, the government should not only take short-term countermeasures, but should also promote industries, make investments in technology and product development, to utilize the advantages of traditional agricultural production in modern society, and improve the environment for such production from a long-term perspective.

摘要

农业生产结构转型在沙漠化治理中发挥的作用与面临的课题 ——以陕北黄土高原为例

关键词: 旱地农业, 区位与空间, 化学性环境负荷, 粮食和农业生产, 村之间的贫富差距

前言

在全世界的干旱地区, 被称为“沙漠化”的土地退化现象, 对地区的可持续发展构成严重威胁。各地都在发生土壤侵蚀、表土流失、盐类蓄积, 进而引发与地区的公共卫生、社会经济相关的诸多课题。沙漠化难以改善的理由之一在于, 导致沙漠化的主要原因是农业活动, 但农业活动对于居民的生存而言是不可或缺的。因此, 需要从与农业相关的多种角度治理沙漠化, 在妥善管理陆地生态系统的同时, 能够保持和提高居民的生活水平, 实现稳定的粮食供应。中国的黄土高原也不例外, 特别是在十一世纪以后, 起因于气候干燥和人口增加的在整个倾斜地带的过度种植、过度放牧导致土地退化加剧, 结果引起了严重的粮食短缺、饥饿问题、泥石流灾害。黄土高原的情况与其他干旱地区大为不同的是, 在过去约 100 年里政府采取了对策并开展了学术研究, 结果使上述各项课题在 2010 年代中期大都得到了大幅度改善。例如 1960 年代以后, 通过修建淤地坝, 既减少了流往下游的泥沙, 又以在淤地坝内形成的肥沃土地(坝地)为中心, 引进了玉米种植, 使粮食问题得到了改善。进入 2000 年代, 在粮食问题得到改善后, 针对农业活动导致的植被退化和土壤侵蚀这一根本原因, 也通过大片坡面耕地的绿化, 使地区植被大幅度恢复(退耕还林工程)。并且, 通过退耕还林后发放生活补助、鼓励种植经济作物、以及农业相关税收优惠等, 使得农村居民的平均收入快速增加。这样, 通过种植作物和农业性土地利用的转型, 为改善沙漠化做出了重大贡献。

另一方面, 由于现在的农业生产, 地区的生态系统和社会经济产生了新课题。在环境负荷方面, 被认为起因于农药和化肥的水质和土壤污染正在发生。在居民生活方面, 也有关于存在无法顺利适应政策的家庭的报告。并且, 在粮食供应方面, 虽然尚未有关于紧要课题的报告, 但有关人士指出, 经济作物种植的扩大和收入的增加已引起了粮食消费的大幅度改变, 而且迄今为止, 几乎没有评价消费结构变化对地区内外的影响和风险。如上所述, 在黄土高原, 农业生产带来了新的课题, 如何对地区的自然环境、社会环境可以容许

的农业生产活动的应有方式、以及今后需要的具体改善方针加以明确，已经成为一项紧要课题。因此，本研究以陕西省北部的黄土高原（陕北黄土高原）为例，从“农业生产结构”方面梳理一系列的沙漠化治理措施，从环境负荷、居民生活、粮食供应的角度，阐明现行农业生产结构导致的课题和风险。并且在此基础上，提出农业生产结构的改善对策，照准“退耕还林后”的时代，探讨更好的地区振兴策略，以及农业生产的应有方式。另外，在本项研究中，将种植作物和家畜的种类、构成以及由此形成的农业性土地利用统称并定义为“农业生产结构”。

农业生产结构转型对化肥和农药消费量的增加带来的影响

首先，本研究以 1996～2009 年的陕北黄土高原为对象，采用多元回归模型，提取了说明使用化肥和农药的地区之间、年度之间差异的因素。结果发现，在农药方面，受影响极大的是苹果种植，说明在苹果园减少农药的措施将非常有助于改善地区的农药污染；在化肥方面，受影响较大的是需要大量养分的苹果种植的扩大，以及以加工和换钱为主要目的之马铃薯和玉米种植的面积和频率的增加、有利于保持并提高土壤肥沃程度的役畜和山羊的排泄物的减少、传统上一直通过轮作供自己消费的谷子和糜子种植的缩小等。除此之外，还根据植物营养学的观测值和统计信息探讨了整个地区施肥水平的妥当性。结果发现，在陕北黄土高原北部的榆林市，玉米和马铃薯的种植地过量施用化肥，必须减少并管理每块旱田的施用量，届时，需要地方政府监测旱田、开展启发农户的活动；在南部的延安市，辖区内存在的苹果园总面积过大，可能需要调整农业性土地利用与生计结构。

黄土丘陵河岸地带的经济优势与村间差距

其次，本研究以位于陕北黄土高原西部的吴起县的一个乡为例，针对退耕还林后的生活情况，为了验证各个村庄的类似性，以行政村为单位进行聚类分析，并在地图上显示出分类结果。在分析中，采用了独自从乡政府获取的每个行政村的各种社会经济数据。通过着眼于行政村的区位，发现了河岸地带的经济优势。另一方面，也明确了在丘陵深处的行政村，退耕还林引起农业生产结构的变化以及采取各种农村援助措施之后，仍存在平均收入低、低保家庭率高（聚类 D：家庭的 30%以上）等问题。而且，通过在该乡整个河岸地带进行土地利用调查，考察村间差距的背景，发现在河岸地带，人们利用平坦湿润的耕地区位，开展了收入预期高的饲料用玉米种植、塑料大棚蔬菜种植。而在丘陵深处，则主要种植销售价格相对较低的马铃薯和杂粮。说明地形条件造成的农业生产差异，对村

间差距影响很大。

粮食消费结构变化对地区内外的影响

更进一步，本项研究还以吴起县的零售店为对象，对其销售的白米、面粉的产地、品种进行了市场调查。结果发现，白米、面粉的供应地可大致分为三类，其中附近粮食产区（宁夏平原、关中平原）的商品流通最多，其次是属于遥远地区的全国性粮食产区（黄淮海平原、东北地区），最后是生产香米的东南亚稻米产区。形成这种流通模式的原因，在于生产地与消费地的地理邻近性、中国北部广域流通网络的发展、居民收入增加带来的饮食嗜好多样化。此外，在探讨今后粮食供应方面的课题时发现，在上述国内供应地，有关于农业活动和气候干燥导致水资源方面的风险日益凸显，粮食产量显著减少的报告。除此之外，本项研究还估算了全部居民完全依赖于外部生产粮食时对供应地的影响，结果是陕北黄土高原的粮食消费量达到整个宁夏回族自治区的大米产量的 1.1~1.2 倍、小麦产量的 1.7~1.8 倍。由此可见，在地区管理方面，应当从粮食供应的角度考虑的空间范围发生了很大变化，如果今后继续并扩大以大米和小麦为主的粮食消费，陕北黄土高原居民作为消费者，可能会在供应的稳定性和价格方面受到某些不良影响。

结束语

吴起县呈现的课题，包括种植以换钱为目的的玉米和马铃薯导致的化学性环境负荷增加，区位环境引起的村庄及家庭的经济差距和丘陵深处的贫困问题，以及粮食的外部依赖加剧。对吴起县的研究结果，也能适用于其他相似区域。例如，在黄土高原当中，温带森林草原的黄土丘陵是在与吴起县同样的气候和地形条件下开展了以种植玉米和马铃薯为主的农业生产，因此推测在环境负荷、居民生活、粮食供应各个方面也产生了类似的课题。其中，山西省西部、宁夏回族自治区南部、甘肃省各县，农村居民的平均收入相对较低，许多地区虽然高于国内的贫困标准，但是低于世界银行设定的贫困线（≤1.9 美元/日）、准贫困线（≤3.2 美元/日）。因此，在上述各行政区，根据区位条件掌握生活情况并提供各种援助，可能有望更加有效地减少贫困人口。

作为实现这一目标的对策，短期而言，最好研究如何根据村庄和家庭的区位环境来扩充经济援助。例如，采取可以根据村庄和家庭的区位条件灵活延长退耕还林后的生活补助期间的机制会很有效。这是因为，现有的应对策略存在很多课题，例如苹果种植的环境负荷较大，在丘陵深处难以引进玉米种植和塑料大棚等。

长期而言，丘陵深处的生计活动必须是持续性的。作为其方法论，本项研究建议该地区着眼于传统农业生产的有效性，包括种植谷子和糜子、饲养山羊等有蹄类家畜。例如种植谷子和糜子，其用水量和化学性环境负荷较小。因此，可以减少气候变动带来的未来粮食风险，并且通过降低玉米和马铃薯的种植频率，也能为提高种植这些经济作物的可持续性做贡献。种植谷子和糜子所面临的课题，首先是以往无法应对人口增加和增产压力的事实。对此，今后仍然在不影响生产地的范围内，在一定程度上“进口”大米和小麦，则可以养活现有人口。届时，需要认真监测粮食流通相关的各种影响。其次的课题是种植谷子和糜子的经济效益较差。对此，相关人士指出，近年来营养学和流行病学的研究成果逐渐显示，谷子和糜子作为食品的潜在营养价值很高，随着世界各地人们的健康意识日益提高，社会需求也在扩大。充分利用这一点，将来通过创造附加值并提高销售价格，有可能为提高丘陵深处居民的收入做贡献。综上所述，需要政府在采取短期应对策略的同时，从长远角度出发，对振兴产业、开发技术和商品进行投资，并营造良好的投资环境，以便能够在现代社会发挥传统农业生产的长处。

I はじめに

1. 世界の乾燥地問題

1) 乾燥気候地域における社会的、生態的課題

乾燥気候は、年平均降水量（P）と可能蒸発散量（PET）を用いた乾燥指数（P/PET）によって定義される。乾燥気候地域（ $0.05 \leq P/PET < 0.70$ ）¹⁾における最も重大な環境問題の一つとして「砂漠化（Desertification）」が挙げられる。砂漠化は、気候変動や人間活動といった諸因子の相互作用によって生じる複雑な現象である（Kouba et al. 2018）。国連砂漠化対処条約（以下、UNCCD）²⁾では、「乾燥（Arid: $0.05 \leq P/PET < 0.20$ ），半乾燥（Semi-arid: $0.20 \leq P/PET < 0.50$ ），乾燥亜湿潤（Dry sub-humid: $0.50 \leq P/PET < 0.70$ ）地における土地劣化（Land Degradation）」と定義され、対象となる乾燥気候地域は世界の陸域の約 40%を占める（図 I-1）。この乾燥気候地域は、自然条件下で砂漠となる「超乾燥地」（ $P/PET < 0.05$ ）に比べると降水量が多く、森林や灌木地、草地などの植生が広がっているため（図 I-1），農耕や放牧といった人間活動の余地も大きい。しかし、湿潤地域に比べて、木本、草本植物や水資源、土壌資源等が制約を受けるため、人間活動が過度な搾取となりやすい。人間活動が自然環境の許容できるレベルを超過すると、植物相が破壊され、生物の生息域や多様性が失われるため、乾燥気候地域では陸域生態系の生産能力が低下するリスクが高い（Boydak and Çalışkan 2015; Barrio et al. 2016）。実際に、土地劣化を示す有力な指標の一つである純一次生産力（NPP: Net Primary Productivity）の状況（1980～1990 年代）を確認すると、NPP の損失は、サヘル地帯や中国北西部、インド西部、中央アジアなどで高い値を示している（図 I-2b）。一方で、純一次生産量の

¹⁾ 本論文では、乾燥、半乾燥、乾燥亜湿潤気候に属する地域を、合わせて「乾燥気候地域」呼ぶ。

²⁾ 正式名称を「Convention to Combat Desertification in Those Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, Particularly in Africa／深刻な干ばつ又は砂漠化に直面する国（特にアフリカの国）において砂漠化に対処するための国際連合条約」という。1992 年にリオデジャネイロで開催された国連環境開発会議（UNCED）において条約作成が基本合意され、1994 年に採択された。本条約では「砂漠化」の定義や、締約国（先進締約国、被影響締約国）の行動義務等が定められている。締約国会議（COP）と、その下に科学技術委員会等が置かれる。2015 年現在の締約国は 194 か国と欧州連合（EU）。

人間による占有率（HANPP: Human Appropriation of Net Primary Productivity）は、必ずしも上記の乾燥気候地域が高いわけではなく、むしろ人口密度が高く経済規模の大きい

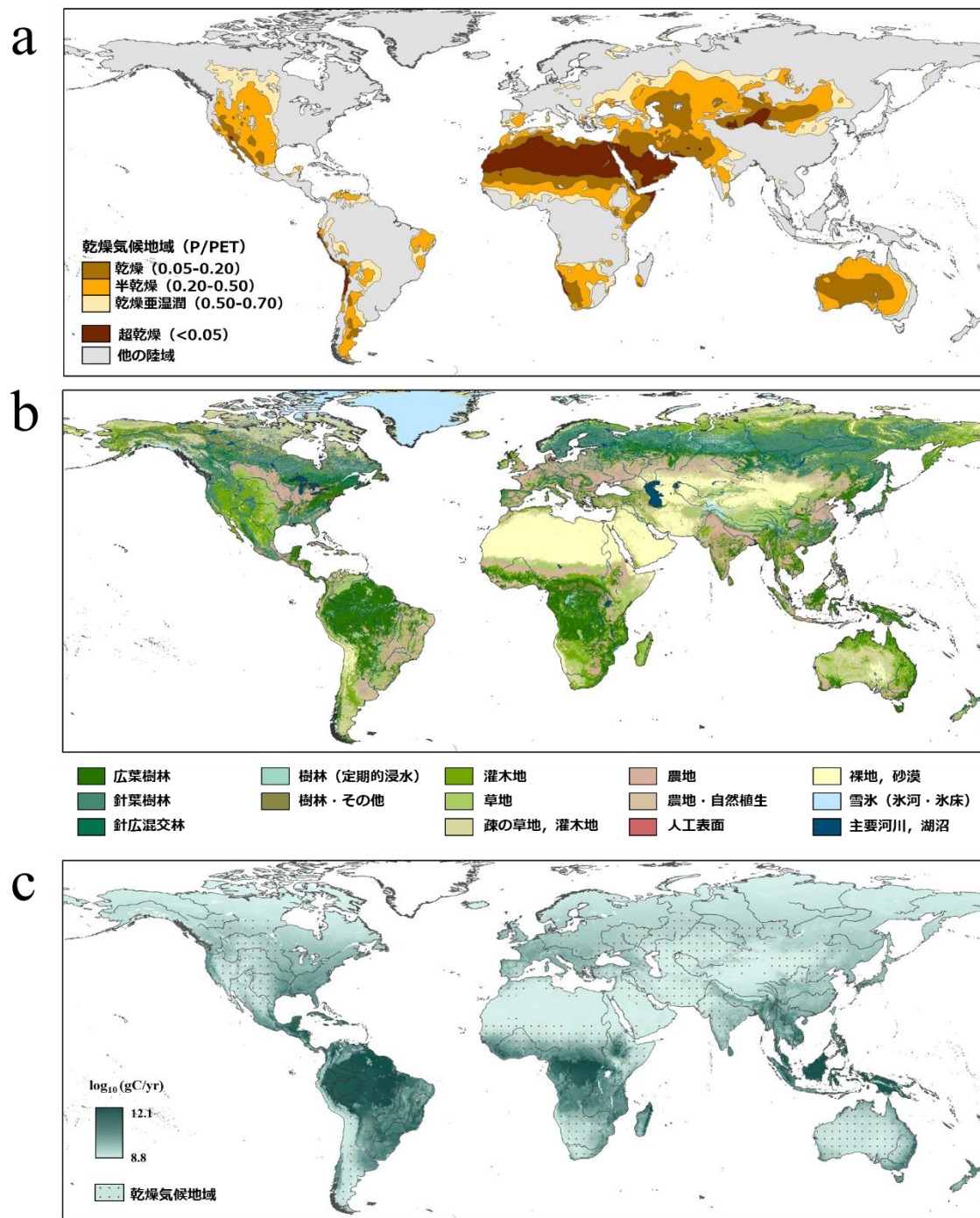


図 I-1 世界の乾燥気候地域の分布

(a: 乾燥気候の区分, Millennium Ecosystem Assessment (MA) ; b: 植生, MA ; c: 自然植生の純一次生産力, Imhoff et al. 2004)

湖沼データ : HydroLAKES Version 1.0 © World Wildlife Fund, 河川データ : ESRI World Major Rivers ©Esri.

湿潤な、アメリカ東海岸や西ヨーロッパ、日本、インド南部、中国東部沿岸地域の方が高い（図 I-2a）。以上のように、乾燥した脆弱な自然条件によって、人為的影響が土地劣化に結びつきやすいことがわかる。

加えて、上記の土地劣化によって、農業生産量の低下や水不足が発生しており、それらが飢餓、感染症、呼吸器疾患等の保健衛生問題の拡大や、土地、水資源をめぐる対立、災害危険性の増大、貧困の悪化、社会的・経済的レジリエンスの低下を誘引している（環境省自然環境局 2013）。そのため乾燥気候地域では、土地劣化が人類の生存と人間社会の持続的発展に対する深刻な脅威となっている。

とくに、乾燥気候地域には世界人口の 34.7%に当たる約 20 億人が生活し、世界の耕地の 44%が立地し、家畜の 50%が飼育されている。加えて、その大半が社会的、経済的に脆弱な発展途上国に当たることから（図 I-1）、人間社会全体に対する影響が極めて大きい問題と認識されている（環境省自然環境局 2013）。

土地劣化を引き起こす主要な現象として、土壌侵食と塩類集積がある。たとえば水食は、肥沃な土壌を流出させるため、植生の回復が困難となり、農業生産性の低下や耕地面積の減少等の問題を引き起こす（環境省自然環境局 2013）。水食は、当初は表土がほぼ均一に流出するが、次第に小さな溝ができ（リル侵食）、さらに深く大きな溝へと成長する（ガリ侵食）。とくに斜面では侵食力が強く、ガリ侵食まで発展すると人間の力で解決することが困難となる（環境省自然環境局 2013）。また、水食は河床のシルテーションによる洪水危険性の増大、農業生産量の低下による食糧安全保障問題、インフラストラクチャーの破壊、水質汚染など、多くの二次的な社会・環境問題を世界各地で引き起している（Wang et al. 2016）。風食は、植生が劣化した土地において、降雨のまえに強い風が吹くと発生しやすい（吉川ほか 2004: 135-136）。風食にともない発生した砂塵を曝露することによって、虚血性心疾患、慢性の気管支喘息、肺炎といった、呼吸器、循環器疾患が増加しており、人々、とくに免疫機能の弱い子どもの長期的健康リスクが高まる可能性が指摘されている（UNICEF 2015）。また、塩類集積は、蒸発散量が降水量よりも多い乾燥気候地域において、土壌中の可溶性物質が溶脱されずに土壌中にとどまり、さらに土壌の乾燥とともに沈着し、塩類の集積層を形成することで発生する（吉川ほか 2004: 37-39）。とくに排水性が悪く、地下水位の高い場所では、地下水が毛管上昇することで表層に塩類が集積しやすい（吉川ほか 2004: 37-39）。そのため、不適切な灌漑農業は、塩類集積を加速化させ、作物の水分、養分吸収能力を阻害する。

21 世紀、世界の多くの乾燥気候地域では、人口増加や不適切な土地利用の拡大にもなっており、土壌侵食や塩類集積に起因する土地劣化がさらに増大すると予測されている (Ryken et al. 2016)。なかでもアジアやアフリカの乾燥気候地域では、小規模な農家による農業活動が、彼ら自身の生計を支えていることから、継続的な土地劣化は地域の農村経済、住民生活に重大な影響を及ぼすと懸念されている (Dube et al. 2017)。

たとえば北西アフリカのマグレブ地域³⁾では、ヨーロッパ諸国からの独立後、過放牧や急激な人口増加、農業の集約化などによって、土壌侵食や放牧地の劣化が進行している (Barrio et al. 2016)。サブサハラの半乾燥地でも、過放牧や過耕作、薪炭材採取のための過度な樹木の伐採と、それに続く土壌侵食・土地劣化プロセスの結果として、一人当たり食糧生産量が減少し、土地が非生産的な状態へと変化し続けている (Traoré et al. 2015)。2018 年に国連食糧農業機関 (以下、FAO) が提出した、ブルキナファソ、エチ

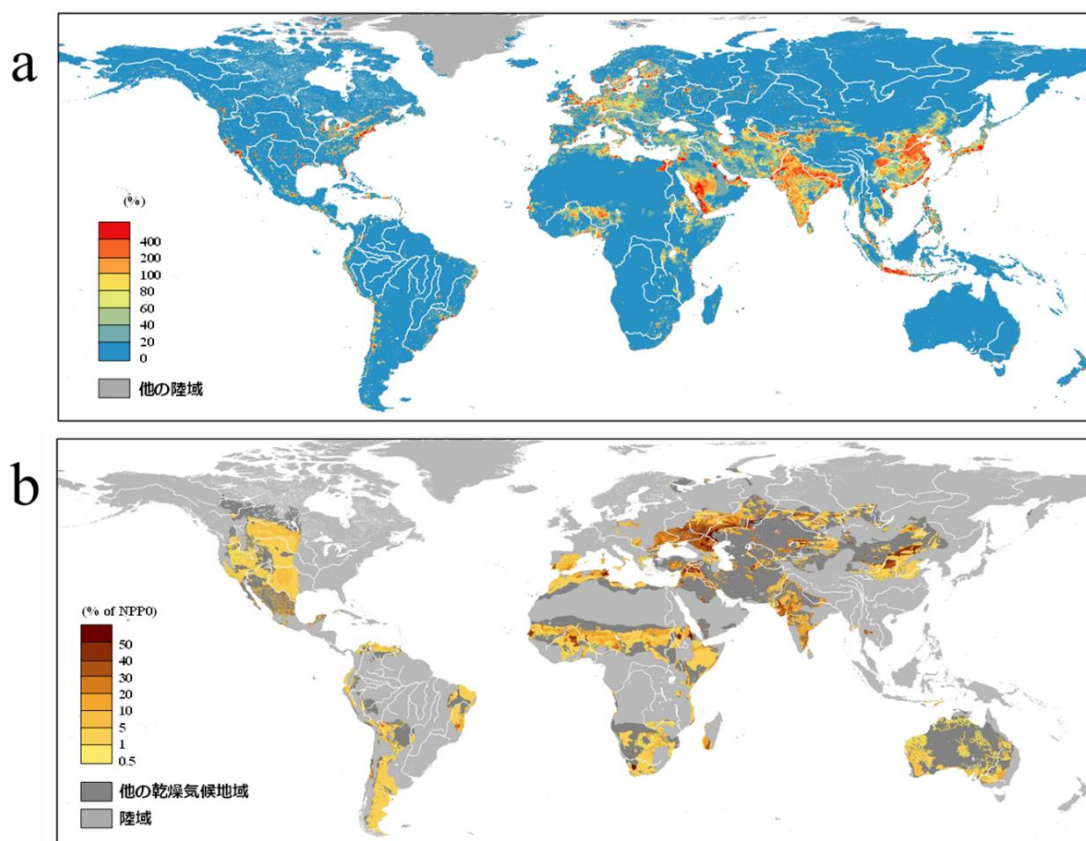


図 I-2 1980～1990 年代における人間の NPP 占有率と乾燥気候地域の土地劣化
(a: 人間の NPP 占有率, Imhoff and Bounoua 2006 ; b: 乾燥気候地域の NPP 低下量, Zika and Erb 2009)
湖沼データ : HydroLAKES Version 1.0 © World Wildlife Fund, 河川データ : ESRI World Major Rivers ©Esri.

³ サハラ砂漠北部に位置し、地中海、大西洋に面する、アルジェリア、リビア、チュニジア、モロッコ、モーリタニア、西サハラの 6 つの国と地域。

オピア、ガンビア、ニジェール、ナイジェリア、セネガルに関する新たな報告書は、現在も上記 6 か国で計 1400 万ヘクタール (ha) の土地が土地劣化からの修復を必要としていること、土地劣化が飢餓や貧困問題と極めて密接な関係にあること、そして、そのために小規模な農家の土地再生への投資の増加が緊急の課題であることを指摘している (FAO 2018)。また、当該調査では、木材の過度な伐採、貧困、不十分な土壤保全対策によって、対象世帯の 98% で土地が劣化し、84% で土壤侵食が進行していること、85% の世帯が調査直前の 4 週間の間に食糧不安や供給の不確実性を経験し、83% の世帯は金銭面で食糧の購入を抑制せざるを得ない状況にあることが明らかになっている (FAO 2018: 57)。東アフリカのケニアでも、北部の乾燥、半乾燥地の慢性的な貧困問題が深刻で、十分な栄養を確保するための持続的、安定的な食糧の供給が喫緊の政策課題であると認識されている (Republic of Kenya 2011)。

アジア地域に目を向けると、陸域の約 40% (17 億 ha) が乾燥気候地域に属し、これまでに中国、インド、イラン、モンゴル、パキスタン、シリア、ネパール等の国々が、砂漠の拡大や山地の荒廃を経験している (UNCCD Annex II: Asia)。インドでは、国土の 53% に当たる土地が何らかの形で劣化していると見積もられており、そのうち 74% は土壤侵食が原因であると考えられている (Bhan 2013)。また、こうした土地劣化と急速な人口増加の結果として、1951~1990 年代半ばの 40 年あまりの間に、一人当たりの利用可能な土地面積が 0.89ha から 0.37ha まで減少しており、2035 年にはさらに 0.1ha まで減少すると推定されている (Bhan 2013)。イランでは、政府によって 1950 年代後半以降、土地劣化を緩和するための措置が講じられてきたが、現在でも人口増加、農業灌漑による水資源の過度な採取、過放牧、旱魃を含む降水量の減少や降雨強度の増加等によって、土壤侵食が進行し植物相が破壊されている。7500 万 ha が水食の、2000 万 ha が風食の影響を受け続けており、さらなる対応が求められている (Amiraslani and Dragvich 2011)。

2) 国際的な取り組みとその現状

以上のように、世界中の乾燥気候地域の多くは、現在も気候条件と土地利用圧力に起因する、深刻かつ断続的な砂漠化・土地劣化問題に直面し、地域の自然環境と農村経済の持続性が脅かされている (Traoré et al. 2015)。地域によっては、土地劣化による NPP の

損失量が、農産物の収穫過程で生態系から取り出される NPP 量と同等の大きさにも上り、問題改善は人口増加や食糧需要の増加に対応するための有力かつ不可欠な選択肢にもなっている (Zika and Erb 2009)。さらに土地劣化が人間の生存を脅かすと、安全保障上の問題につながる可能性が指摘されており、実際に主要な武力紛争の約 80%が生態系の脆弱な乾燥気候地域で発生している (UNCCD 2015)。そのため乾燥気候地域の土地劣化、すなわち砂漠化は、地球温暖化や生物多様性の保全等とともに、世界の最も重要な地球環境問題の一つとして、国際的枠組みと地域単位の取り組みの両面から、人為的影響の軽減を目指した各種の取り組みが試行されている (Le Houérou 1996)。

国際的な枠組みとしては、まず UNCCD が挙げられる。UNCCD は乾燥気候地域の砂漠化・土地劣化問題に関して、法的拘束力のある唯一の国際協定であり、先進国の締約国には財源、技術、知識、ノウハウの提供とそれらの現地移転の促進が、被影響締約国には国別適応計画 (NAPs) の実施と、定期的な進捗報告が求められている⁴。2007 年には第 8 回締約国会議 (COP8) において、条約実施の再活性化のための十年戦略計画 (2008～2018 年) が採択され、「貧困の削減と自然環境の持続可能性を支援するべく、砂漠化・土地劣化の防止、回復と、旱魃の影響緩和のための国際的なパートナーシップを構築する」との目標が示された (UNCCD 2012)。加えて、乾燥気候地域の土地劣化が、農村経済、食糧生産、保健衛生、気候変動、生態系の破壊と修復、地域紛争など、あらゆる地域的課題と密接に関連していることを踏まえ、UNCCD や FAO、国連環境計画 (UNEP)、生物多様性条約 (CBD)、アフリカ連合 (AU) といった各国際機関は、相互に協力、連携しながらプログラムを展開しており、より統合的で効果的なアプローチの実現が目指されている。2001～2005 年に実施された「ミレニアム生態系評価」(MA: Millennium Ecosystem Assessment) や、2016～2030 年の国際目標である「持続可能な開発目標」(SDGs: Sustainable Development Goals) でも、陸域生態系の持続的な利用と管理、乾燥気候地域における土地劣化の改善が、国際社会の重要な課題として位置づけられている。

今日までに国際社会では、以上のような課題改善に向けたさまざまな取り組みによって、砂漠化・土地劣化問題に関する理解や認識が広がってきている (UNEP 2012: 75)。一方で、土地劣化に直面している UNCCD の被影響締約国では、その多くが国際的な行動計画の実施調整メカニズムに参画するようになってきているものの、具体的な行動計

⁴ UNCCD. about the convention. <<https://www.unccd.int/convention/about-convention>> (2018 年 11 月 10 日最終閲覧)

画の策定や実施、現状の改善については、達成できている国が未だ被影響締約国全体の5%に留まっており、思うように進んでいないのが実情である（UNEP 2012: 75）。加えてFAO（2011）は、人道的見地に基づくコムギやトウモロコシの食糧援助が、結果として地域の食生活や消費構造を歪めることに繋がっているとして、注意を促している。

2. 本研究の位置づけ

UNCCD 被影響締約国のなかで、砂漠化・土地劣化問題への対応を最も進めている国の一つが中華人民共和国（以下、中国）である。とくに土壤侵食は、中国においても歴史的に深刻な環境問題の一つであり、国土の32%に相当する300万km²の土地が水食、風食の影響を受けてきた（Wang et al. 2016）。とくに黄河の流送土砂濃度は43.3kg/m³と世界最高で、世界第2位で続くグランドキャニオンで有名なコロラド川の4倍にも上る（齊藤・井上 2007）。この土砂の主な供給源は、黄河中流域に当たる黄土高原であり、黄河への土砂流入量の90%以上を占めている（黄河水利委員会治黄研究組編 1989）。

黄土高原は中国北部に位置する6400万haの乾燥気候地域で（図I-3）、農業活動に従事する5,000万人以上の人々が暮らしている（Buckingham and Hanson 2015）。華人の定住畑作農耕社会と、モンゴル、チベット、中央アジアを中心とする牧畜型農耕社会（遊牧社会）との結節点に位置する高原地帯である（図I-3）。黄土高原の砂漠化・土地劣化問題は、第四紀完新世後半の、過去3,000年間にわたる継続的な人間活動の影響が大きい（He et al. 2004a）。人口増加と傾斜地での過耕作、過放牧によって土壤侵食が引き起こされ（Ohmori et al. 1995）、70%以上の土地でガリ侵食と丘陵の発達した特徴的な侵食地形が生み出された（He et al. 2004a）。当該地域の土壤侵食に対する人為的影響は、自然環境下の4倍にも上ると考えられている（He et al. 2004a）。その結果、黄土高原農村では、多くの被影響締約国の現状と同様に、土砂災害や旱魃、食糧不足・飢餓、貧困問題に苦しめられることとなった（菊池 1978; 恵 2014）。加えて、黄河下流域では土砂の流入にともない洪水危険性が増大し、その他の遠方諸地域でも黄砂塵によって大気質が顕著に悪化することとなった（Buckingham and Hanson 2015）。

土壤侵食が引き起こす諸課題に対して政府は、過去約100年間にわたって多くの対策を講じ、2010年代半ばには、農村地域の平均所得水準の向上、食糧生産量の確保、植生

回復による砂塵固定化と水源涵養の促進を実現した（国家林業局 2015）。とくに 1999 年に始まる「退耕還林」プログラムでは、傾斜 20 度以上の斜面耕地をはじめとする数多くの条件不利耕地が緑化され、実施住民には食糧や現金の補助が支給されるとともに農業生産構造の転換が図られた。なお本研究では、農業生産に係る、地域の栽培作物や家畜の種類と構成、および、これらによって形成される農業的土地利用を総称して「農業生産構造」と定義する。この生態系サービスの修復プログラムには、数百万にも上る農村世帯が直接的に関わり、植生の回復と土壌侵食の緩和を実現させた。今日までに、黄河へ流入する土砂量は 1950 年代の水準に比べて 10 分の 1 程度にまで減少しており（許 2010）、同時に食糧生産量もほぼ 2 倍に増加している（UNCCD 2015）。そのため、黄土高原における退耕還林と、生態系修復に向けた一連の取り組みは、世界最大の自然保護プログラムの一つとして、国際的な注目を集めている（Buckingham and Hanson 2015）。

ここで重要なのは、当該地域の人々がどのように食糧生産量を拡大させたのか、なぜ中国では食糧不足・飢餓および貧困問題と陸域生態系の破壊をともに克服することができたのか、という疑問である。なぜならば、上述のように世界中の多くの乾燥気候地域

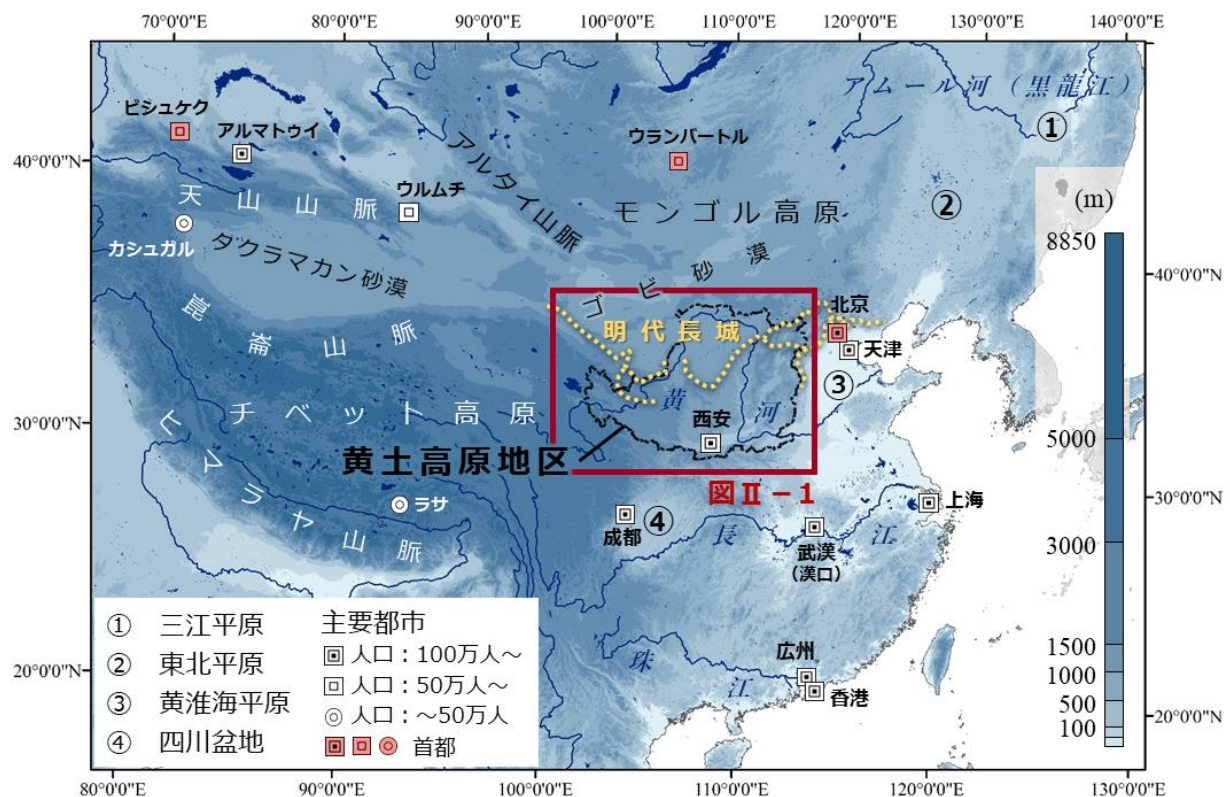


図 I-3 黄土高原の立地と周辺環境

標高データ：SRTM-3 ©USGS, 湖沼データ：HydroLAKES Version 1.0 © World Wildlife Fund,
河川データ：ESRI World Major Rivers ©Esri.

において、生態系の修復と農業活動の活性化、食糧の増産は、往々にしてトレードオフの関係にあるからである。乾燥気候地域における砂漠化・土地劣化問題の解決は容易ではなく、またそのため、黄土高原の成功例には他の被影響締約国にとって参考となる点が多く存在していると考えられる。

生態系の修復と食糧不足・飢餓の解決を両立させた方法については、関連諸分野の先行研究を網羅的にレビューすることにより、ある程度体系的に理解することができる。具体的にはIII章で詳述するが、主としてトウモロコシ栽培の拡大をはじめとする農業生産構造の転換によって、食糧生産量と農業の収益性を向上させたことが、その後の退耕還林を可能にし、生態系修復プログラムの実施と、食糧不足・飢餓の解決を実現させたと指摘することができる。確かに直接的には、1999年に始まる退耕還林が、前近代までに拡大した耕地を縮小させ、植生の回復と生態系の修復を実現することに、最も大きく寄与した。ただし、黄土高原の砂漠化対処において、緑化を困難にしていた最大の課題は、農村地域における食糧不足・飢餓問題であった。そして、約100年間にわたる農村社会と農業生産に対する政策的な試行錯誤、およびその間の農業生産構造の転換が、社会状況を好転させ、耕地の縮小をともなう植林緑化を実現へと導いた。つまり、黄土高原における砂漠化対処において、植生の回復、食糧事情の改善、所得水準の向上の各側面で、最も重要な役割を果たしたのは、農業生産構造の転換であったと指摘することができる。

換言すれば、食糧・農業生産と、農業を基礎とする地域生業経済が、自然環境、社会環境の両面で持続可能なかたちを堅持できない場合には、現在回復軌道下にある陸域生態系を、将来にわたって保護、保全することが難しくなるかもしれない。加えて、農業生産構造が変容すれば、新たな作物栽培と家畜飼育を通じて、地域の栄養循環、水資源消費、生業経済、食糧消費に、さまざまな変化が生じることが予想される。そのため、農業生産構造の転換による効果と課題は、砂漠化対処における重要な側面の一つとして、十分に検証されなければならない。一方で、黄土高原における砂漠化対処の評価において、農業生産構造の転換による地域の自然環境、社会環境への影響が包括的に考慮された研究は少ない。そのため、砂漠化・土地劣化問題に対処すべく農業生産構造を転換した場合、地域にどのような効果と副作用が生じるのか、農業生産構造に対して今後どのような修正が必要になるのか、どのような農業生産であれば、地域の自然環境、社会環境は許容できるのか、といった疑問が現在も存在している。

3. 目的と論文の構成

1) 目的

そこで本研究では、国際的に注目される砂漠化・土地劣化問題の対処先進事例地域である黄土高原農村を対象に、退耕還林に至る、砂漠化・土地劣化問題への一連の対処を「農業生産構造」の面から整理し、環境負荷、住民生活、食糧供給の視点から、新たな農業生産構造による課題とリスク要因を明らかにすることを目的とする。

さらに上記の議論を踏まえ、農業生産構造の改善策を提示し、「ポスト退耕還林」時代を見据えたより良い地域振興策、農業生産のあり方を検討する。

2) 論文の構成

論文の構成を図I-4に示す。

本章に続くII章では、先行研究と統計情報から、黄土高原全体の現在の自然環境、経済状況を確認し、そのなかで本研究が対象とする陝北黄土高原の位置づけを明確化する。

次にIII章では、地質学、地形学、気候学、考古学、植物生態学、農業経済学、農村地理学、文献史学ら関連諸分野の成果を網羅的にレビューし、黄土高原における砂漠化・土地劣化問題の形成過程、課題改善に向けた一連の対策の流れと、そのなかで農業生産構造の転換が果たした役割、顕在化している地域課題を包括的に把握する。

そのうえでIV章では、陝北黄土高原を事例に、化学肥料と農薬の過度な施与による土壌、水質汚染が顕在化していることを踏まえ、農業生産構造の転換が化学的な環境負荷の増大に及ぼした影響を明らかにする。具体的には、重回帰モデルを用いて化学肥料や農薬の施与量増加を促進、または抑制している農業生産の特徴を明らかにする。さらに、以上の結果と作物の植物栄養学的特性を踏まえ、現在の施与水準の農業生産上、自然環境上の妥当性を検討する。

さらにV章では、陝北黄土高原のなかでも、とりわけ植生回復と住民生活の向上の両面で成果を挙げているとされる延安市吳起県の郷鎮を取り上げ、経済格差と貧困状況の実態を精査する。とくに、これまでの政策評価では実現できなかった行政村を単位とした詳細な空間的地域評価によって、農業生産構造の転換にうまく適応できない村や世帯の立地環境上の特徴とその要因を明らかにする。

VI章では、同じく呉起県を事例に、農業生産構造の転換によって生じた食生活のコメ・コムギ食化を踏まえ、新たな食糧供給圏の広がり把握する。具体的には、県内の常設市場を対象に精米と小麦粉の生産地、品種を把握し、食糧供給元の特徴と流通形成の背景を明らかにする。さらに統計情報を用いて、食糧消費構造の変化が食糧供給元に与える影響とリスクを推定し、食糧供給評価に求められる新たな空間的フレームワークを提案する。

以上を踏まえてVII章では、各章の分析結果を基に、農作物や家畜のメリット、デメリットを整理し、呉起県および陝北黄土高原における実現可能な地域課題の対処法について考察する。加えて、研究成果の地域性を考慮し、本研究の成果が適応可能な空間範囲を明示したうえで、考える短期的、中長期的対応策を提案する。最後に、今後の課題を提示して本論文のまとめとする。

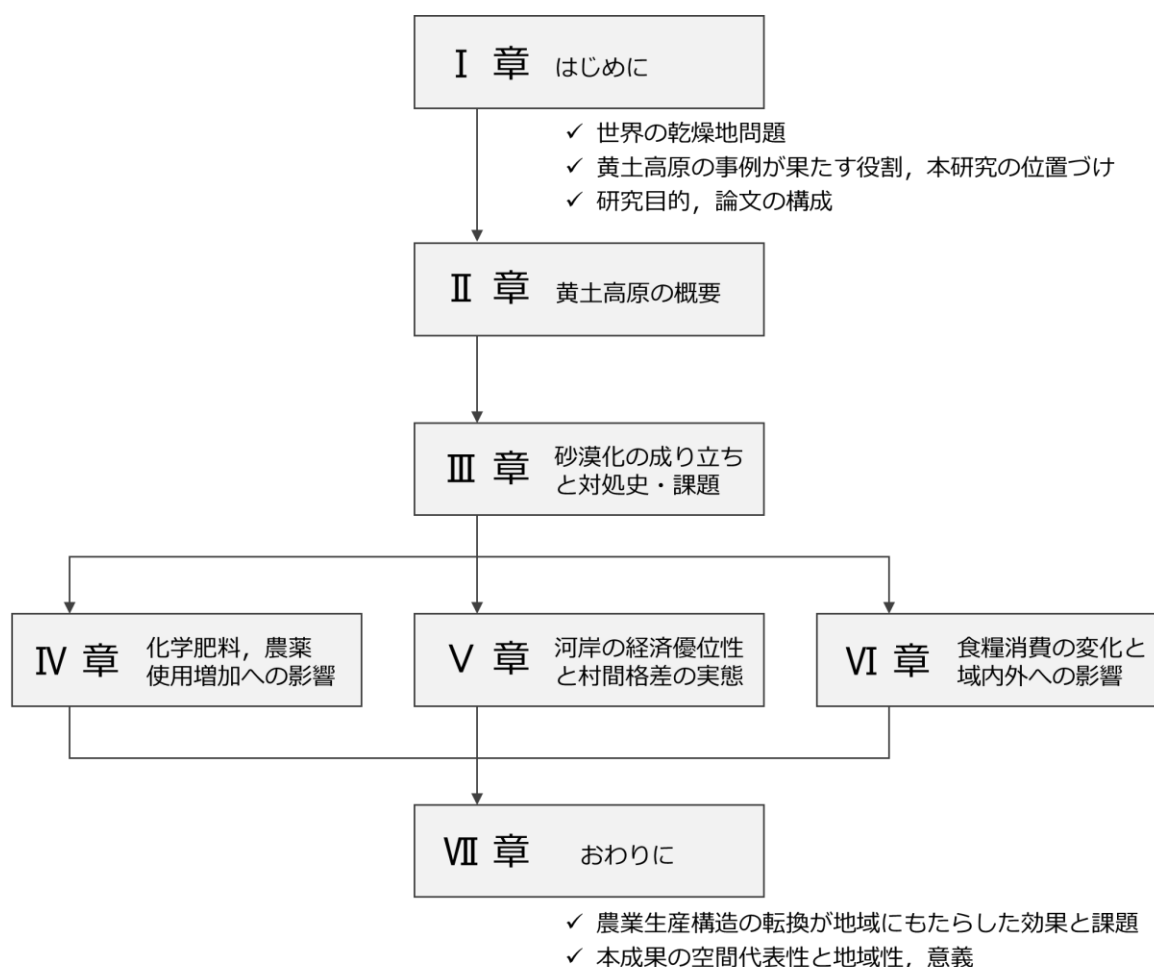


図 I-4 研究の枠組み

Ⅱ 黄土高原および陝北黄土高原の現状

1. 黄土高原地区の概要

1) 自然環境

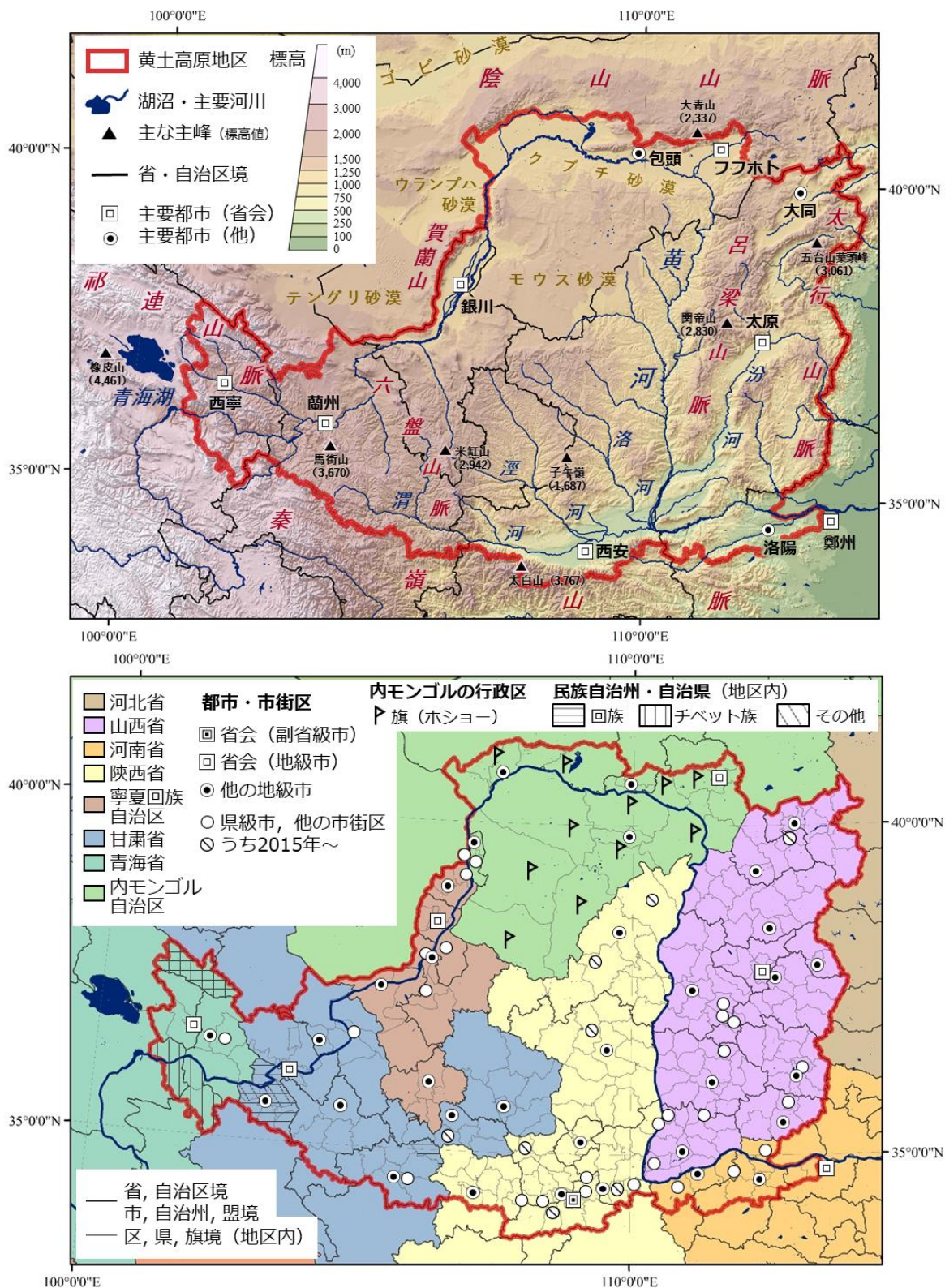
a) 位置と地勢

上述のように、黄土高原は中国北部に位置し、土壌侵食が深刻な乾燥、半乾燥温帯地域である（高山・木村 2008）。当該地域の生態系や社会経済状況のマネジメントでは、一般に県レベルの行政区を基準として示される「黄土高原地区」が、空間単位として用いられる（図Ⅱ-1）。

「黄土」とはレス（Loess）である。「黄土高原」はその名の通り、レスが厚く堆積した地域で、黄土高原地区の中部を中心に、場合によっては厚さ 100m 以上の規模で堆積している。当該地域のレス層は、主に第四紀（258 万年前～現在）を通じて、黄土高原地区の西側から北側に広がる内陸諸砂漠の砂塵等が、偏西風や冬季東アジアモンスーンに乗って飛来し、堆積した風成層である（成瀬 2014; He et al. 2004b）。

レスの主要堆積地は主に、「黄土丘陵」および「黄土塬」の 2 つの地形区に分類され、合わせて狭義の黄土高原を指す（図Ⅱ-2a）。黄土丘陵では、ドーム状の「峁」（*mao*）（図Ⅱ-3a）や、なだらかな尾根が続く「梁」（*liang*）（図Ⅱ-3b）を中心とする、起伏の激しい丘陵地形が卓越する。一方、黄土塬は、「塬」（*yuan*）と呼ばれる台地と、それを断絶する深い侵食谷によって形成される地形景観である（図Ⅱ-3c）。黄土丘陵は黄土塬の北側を占め、狭義の黄土高原の範囲のうち、70%以上の領域を構成する最も代表的な地形景観である（He et al. 2004a）。行政区分では陝西省北部（陝北黄土高原）、甘肅省東部（隴東黄土高原）、寧夏回族自治区南部（寧南黄土高原）、山西省西部の黄河本流沿岸（晋西黄土高原）に当たり、標高 1,000～2,000m の地域が多くを占める（黄河水利委員会黄河誌総編集室編 2017: 64）。耕地は黄土丘陵の斜面や尾根、黄土塬上に広がっている。両地域は黄土高原地区のなかでもとりわけ水食の激しい地域で（図Ⅱ-2b）（黄 1955）、黄河に流入する土砂の 90%以上は当該地域に由来する。また、黄土丘陵の北部やオルドス高原の周辺では風食作用も大きい（図Ⅱ-2c）（黄 1955）。

「黄土高原地区」は、山西省、内モンゴル自治区、河南省、陝西省、寧夏回族自治区、



図II-1 黄土高原地区の地勢と行政区

標高データ：SRTM-3 ©USGS, 湖沼データ：HydroLAKES Version 1.0 © WWF

甘粛省、青海省の 7 つの一級行政区にまたがる、より広大な地域である。図II-1 のように、東は太行山脈を介して中国最大の穀倉平原地帯である黄淮海平原に接し、北は陰山山脈を介してゴビ砂漠やモンゴル高原に、南は秦嶺山脈を介して長江流域の湿潤山岳地帯に、西はチベット高原に接する。

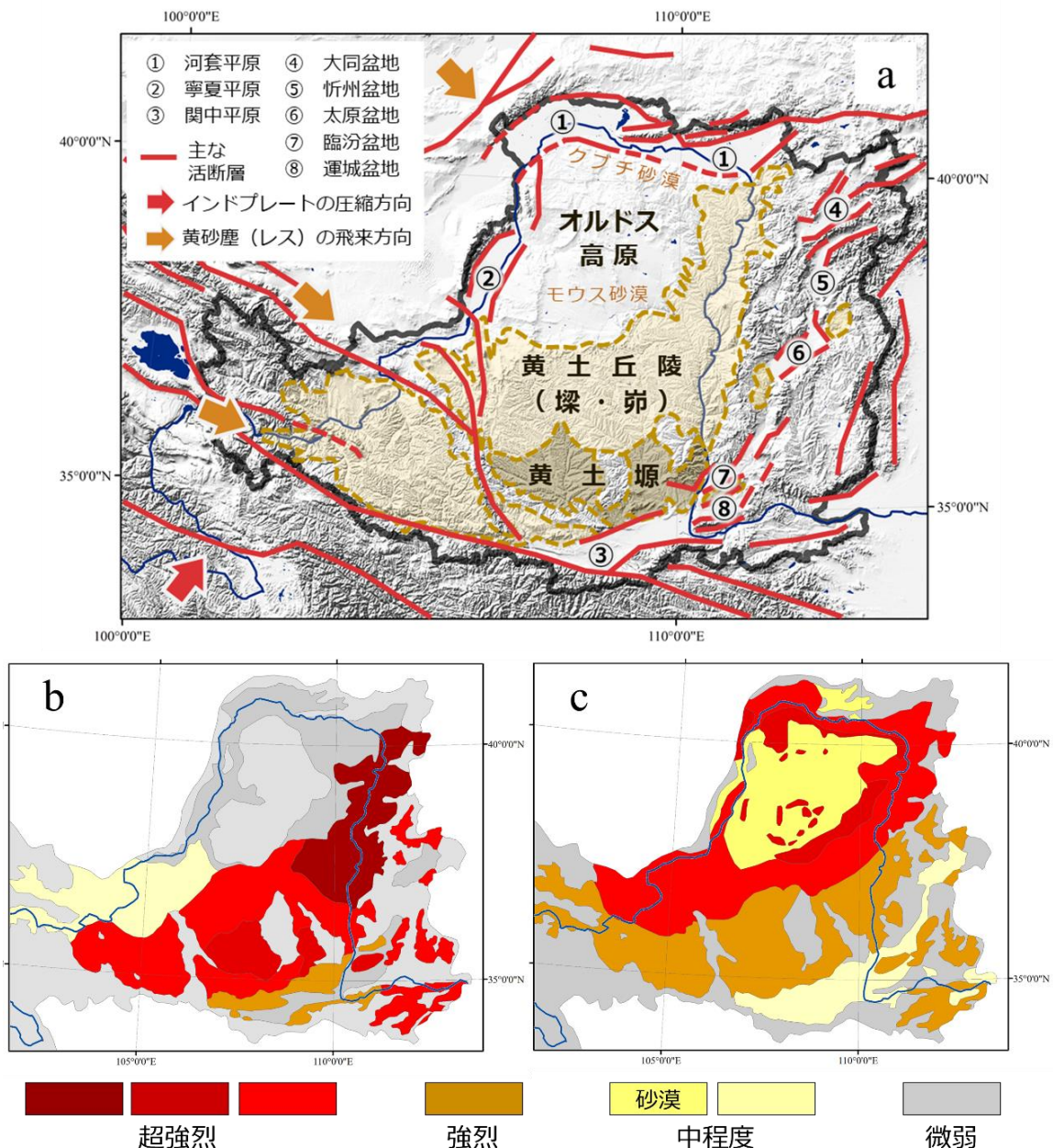
当該地域は華人の定住農耕社会と、モンゴルやチベットの牧畜型農耕社会との境界線に位置している。黄土高原地区の南東部には、陝西省の省会（省人民政府所在地）で周、秦、前漢、隋、唐等の首都であった西安市や、後漢、西晋等の首都であった河南省の洛陽市が位置する。両市は長く東西の都とされ、華人定住農耕社会における政治、経済、文化の中心地として発展した。一方、北西部や北部に目を向けると、オルドス高原以北は内モンゴル自治区に属し、オルドス高原と黄土丘陵の間には明代の長城が位置する。また、西寧市と東側の海東市を除く青海省の山岳地は伝統的にチベットのアムド (*Amdo*) 地方に属する。そのため、黄土高原地区の北西部や西部には少数民族が多く、気候、植生、文化が大きく異なる。現在でも内モンゴル自治区では、盟旗制度と呼ばれる清朝以来のモンゴル諸部族の統治機構が踏襲され、オルドス高原や河套平原では県の単位として旗（ホシヨウ、*Qosiyu*）が設置されている。アムド地方には、チベット仏教を信仰しチベット語を母語とするチベット族の自治州が設置されている。加えて、西部にはチベット族やイスラム教徒の少数民族が居住している。寧夏回族自治区のほか、青海省や甘粛省には、華人ムスリムの回族や、モンゴル系、チュルク系遊牧民の末柄でイスラム教を信仰するドンシャン（東郷、*Dongshang*）族、サラール（撒拉、*Salar*）族、バオアン（保安、*Bonan*）族の自治県がある（図II-1）。

山西省北東部の海河流域と、モウス砂漠周辺の内流区を除いて、多くの範囲が黄河の中上流域に当たる。黄河やその主要支流河川沿いでは、断層運動にともなう沈降域に多数の沖積平原が連続的に分布している（図II-3d）。このうち関中平原や太原盆地、臨汾盆地、運城盆地、寧夏平原、河套平原などは、灌漑農業によって域内の主要な穀倉地帯となっている。

b) 気候、地質条件と水文環境

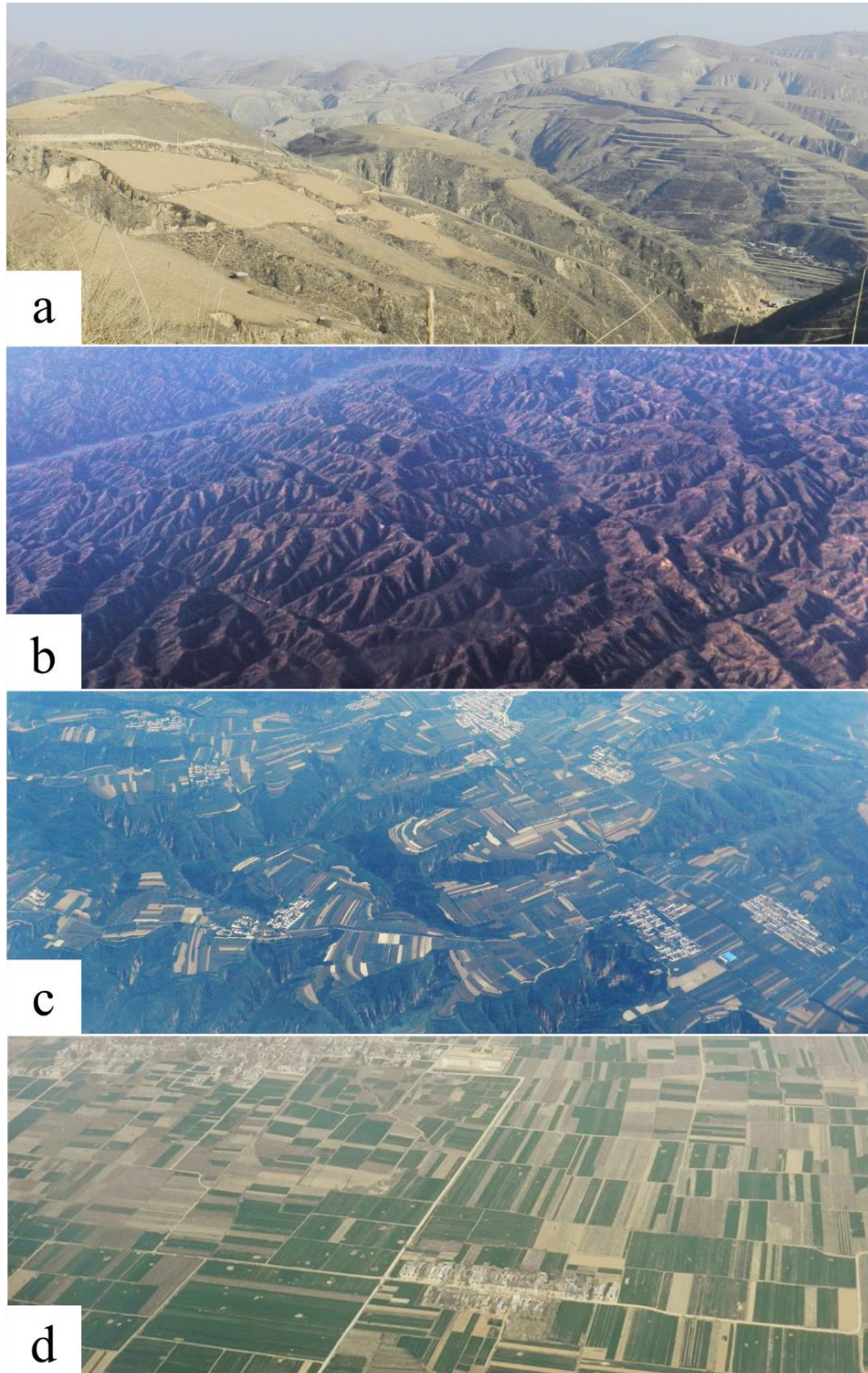
オルドス高原の西部や寧夏平原、河套平原を含む北西部は乾燥（*Arid*）気候に、その他の広い範囲も半乾燥（*Semi-arid*）気候に属する（Huang et al. 2016）。

黄土高原地区の年平均降水量は 150～800mm 程度で、北西ほど少なく南東ほど多い（図 II-4a）。なかでも寧夏平原から河套平原にかけての地域は最も降水量が少なく 200mm 前後である。中央に位置する黄土塬や黄土丘陵では、おおむね 350～600mm 程度の降水量がある。南東部の平原・盆地地帯や、森林植生の残る秦嶺山脈の北麓、黄龍山、子午嶺、六盤山脈などでは降水量が多く、600mm 以上の降水量がみられる（黄河水



図II-2 黄土高原地区の地形 (a) と土壌侵食の程度 (b: 水食, c: 風食)

(a: 『中国自然地理図集』(中国地図出版社, 2010 年発行), 湯ほか 2015: 283 ; b, c: 黄 1955 を基に筆者作成)



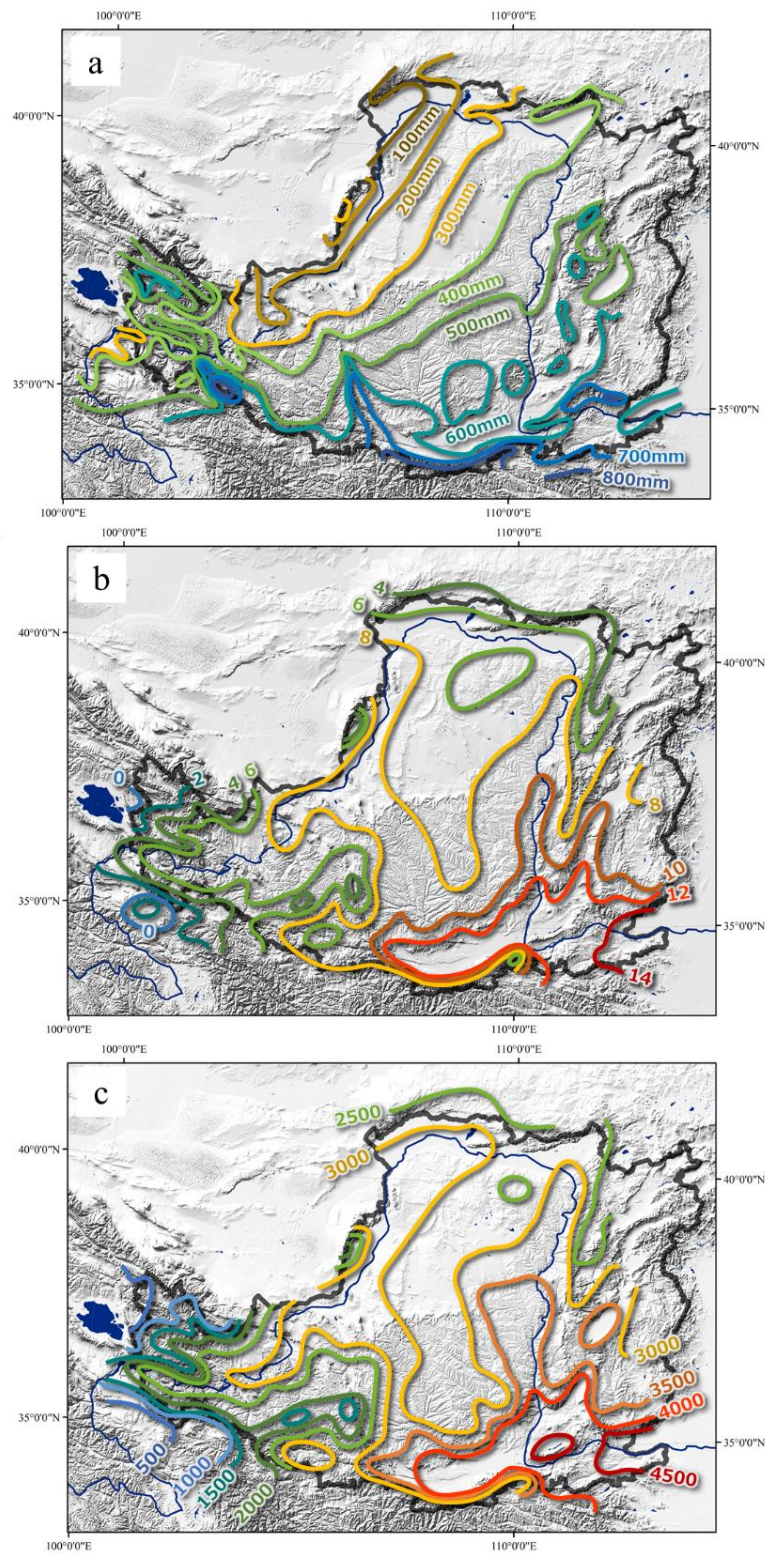
図II-3 黄土高原地区における代表的地形景観

(a: 黄土丘陵（梁・峁），陝西省榆林市定辺県にて 2015 年 2 月撮影；b: 黄土丘陵（梁），山西省呂梁市石楼県上空にて 2017 年 4 月撮影；c: 黄土塬，陝西省延安市黄陵県上空にて 2013 年 9 月撮影，d: 沖積平原，陝西省咸陽市興平市上空にて 2013 年 3 月筆者撮影）

利委員会黄河誌総編集室編 2017)。一方で、年平均水面蒸発量は北西部ほど大きく年間 1,400mm 以上、多い場合には 1,800mm にも上る。そのため、とりわけ北西方向に向かうにしたがって乾燥が著しい。黄土塬や黄土丘陵の年平均水面蒸発量は 900~1,400mm の間に位置しているが、それでも年平均降水量を大きく上回っている地域がほとんどである（黄河水利委員会黄河誌総編集室編 2017）。加えて黄土高原地区の広い範囲では、1957~2007 年の 50 年間に降水量が年 1.0~7.5mm のペースで減少傾向にあることが知られており、とりわけ農業生産が盛んな夏季から秋季にかけて減少幅が大きい（Wan et al. 2014）。また、当該地域では 1980 年代以降、乾燥化の傾向が強まっており、1990 年代末以降その傾向がさらに強まり、旱魃発生頻度も高まりつつある（劉ほか 2017）。そのため、後述する植林緑化政策や農業生産構造の変化と合わせて、黄河流域の水資源量に対する懸念が生じている（山中 2018; Wang et al. 2017）。

当該地域の水文条件をより厳しくしている要因として、限られた降水量のほかに地質条件が挙げられる。黄土塬や黄土丘陵の地質環境は、最表層に第四系の黄砂塵であるレスが厚く堆積しており、その下に、同じく風成層で土壌化が促進された第三系の赤褐色粘土層が、さらにその下に中生代の泥岩や頁岩が堆積する鉛直構造となっている（兵頭・北場 2012）。こうした泥岩や頁岩は、現在「黄土高原」と呼称される地域が隆起する以前、浅い湖畔が連続する盆地であった際に形成されたものである。こうした層は透水性が低く地下で難透水層を形成する（宜保ほか 2007）。そのため黄土丘陵の河川流路やオルドス高原等の地下には断続的に帯水層が分布し、灌漑農業に利用されている場所も散見される。しかし、黄土丘陵では侵食谷がこれら中生代の堆積層を露出させるまで上位層を深く侵食しており、その結果として雨水の多くが滞水せずに地表水として侵食谷に流出し、丘陵地斜面上の水文条件を悪化させている。以上のような地質条件は、降水量や地形・日照条件とともに、鉛直方向や小地域単位の植生環境に大きな影響を及ぼしており、人為的影響以前の黄土丘陵や黄土塬では、水文条件に恵まれた年降水量 500mm 以上の地域と、それ以下の降水量でも河川周辺の低地では森林が繁茂し、丘陵地斜面や台地上では草原を中心とする景観が広がっていたと考えられている（松永 2013: 99-100）。

黄土高原地区の年平均気温は摂氏 2~14 度程度である（図II-4b）。とくに北の陰山山脈の南麓や六盤山脈以西の高標高域では、年平均気温が摂氏 6 度にも満たない（黄河水利委員会黄河誌総編集室編 2017）。一方で関中など南東部の平原・盆地地帯は摂氏 12 度を上回っている。黄土丘陵はその中間に位置しており、年平均気温は摂氏 6~10 度程度



図II-4 黄土高原地区の気候

a: 年平均降水量, b: 年平均気温 (°C) , c: 年平均有効積算温度 (ΣT10°C)
 (黄河水利委员会黄河誌総編集室編 2017 を基に筆者作成)

標高データ: SRTM-3 ©USGS, 湖沼データ: HydroLAKES Version 1.0 © WWF

である（黄河水利委員会黄河誌総編集室編 2017）（図II-4b）。なかでも黄河本流沿岸は同緯度帯の周辺地域に比べて温暖で、積算温度も高く、農業活動にとって恵まれた温度環境がある（図II-4b, c）。また、標高が高く気温の日較差が大きいため、果樹生産に適した環境であるといえる。このように、黄土高原地区の気候は全体的に乾燥冷涼で、北西ほどよりその傾向が強く、南東ほど湿潤温暖である。加えて、近年の温暖化の影響によって、平均気温は黄土高原地区北東部を中心に、青海省や甘粛省西部の高標高域を除く広い範囲で上昇傾向にある。1901～2014 年の期間には、黄土高原地区全体で平均 0.097°C/10 年ずつ上昇しており、今後 100 年間でその上昇ペースがさらに加速すると予測する研究結果も示されている（Peng et al. 2017）。

c) 植生

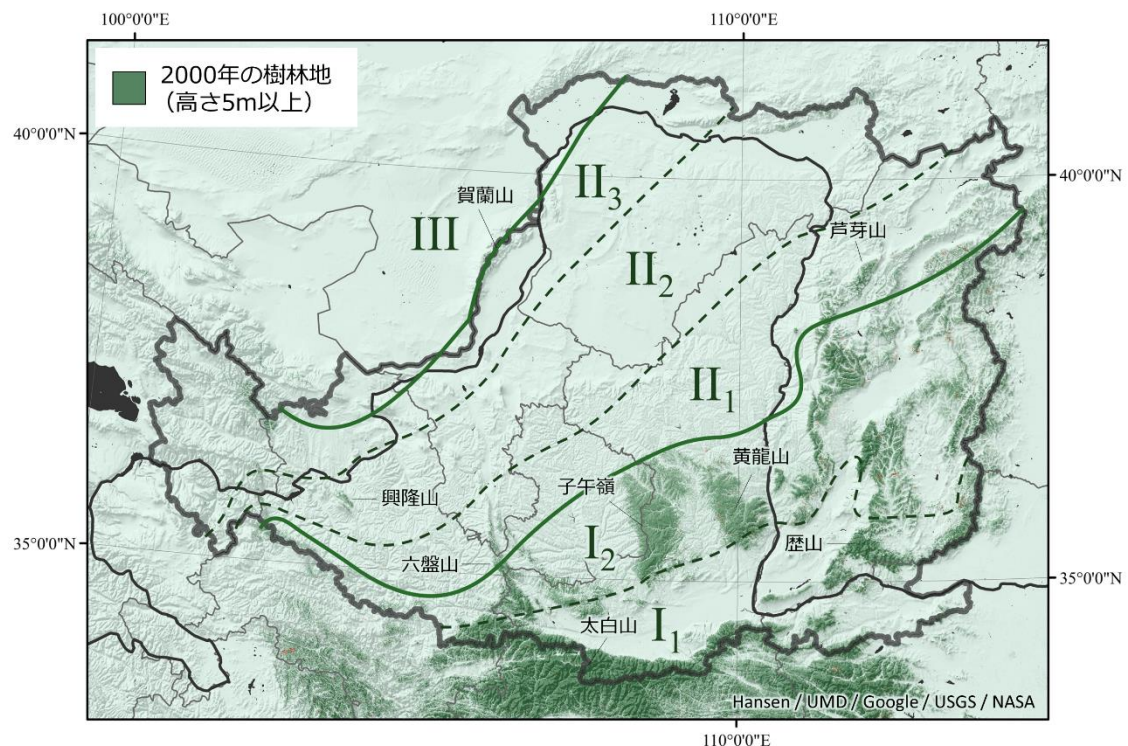
黄土高原地区の潜在植生は、長きにわたる人間活動によって、そのほとんどが失われており、局所的に残存する森林の多くは国や省の自然保護区に指定されている。図II-5 をみると、森林限界とされる年平均降水量 500mm 以上の、黄土高原地区南東部の山地を中心に森林が分布していることがわかる。こうした地域は、暖温帯落葉広葉樹林地帯に属し、ユーラシア大陸東部における落葉広葉樹林分布（ナラ林帯）の西端に位置する（李ほか編 2008: 195-211）。年平均気温が摂氏 7.5～13.5 度、年平均降水量が 550～600mm 程度で、無霜期間が 6 ヶ月前後と、黄土高原地区の中でも比較的湿潤温暖な地域である。しかし、その気候的特徴から、とくに定住農耕活動の発展にともなって潜在植生の劣化が進行した地域である。また、ナラ林帯は、東アジアにおいて南に位置する照葉樹林帯の文化圏と対比して語られることが多く（市川ほか 1984; 佐々木 1993）、アワ（*Setaria italica*）やキビ（*Panicum miliaceum*）、オオムギ（*Hordeum vulgare*）、ソバ（*Fagopyrum esculentum*）等の栽培を中心とする北方畑作地域でもある。

暖温帯落葉広葉樹林地帯における最も代表的な木本はリョウトウナラ（*Quercus liaotungensis*）である。高山帯を除くと、他にクヌギやマツ属、カバノキ属、ヒノキ科のコノテガシワ（*Platycladus orientalis*）等によって森林生態系が構成されている。

南部暖温帯落葉広葉樹林地帯の代表的な植生として、太行山脈南部の場合、600m 以下の標高域の森林植生はすでに失われており、500～1,300m の山地にアベマキ（鵝耳枥、*Q. variabilis*）やシデの雑木林が分布している。1,300m 以上にはリョウトウナラやカシワ（*Q. dentata*）、アブラマツ（油松、*Pinus tabulaeformis* Carrière）、シロマツ（白皮松、*Pinus*

bungeana)などの群落が分布している。秦嶺山脈の北麓斜面では、3,000mの標高差があるため、植生の垂直分布が明瞭である。750～2,000mには落葉広葉樹林が形成されており、アベマキ、クヌギ（麻栎, *Q. acutissima* Carruth.）、コノテガシワ、アブラマツ、リョウトウナラ、ナラガシワ（锐齿槲栎, *Q. aliena* Bl. var. *acuteserrata* Maxim. ex Wenz.）等の群落が分布している。2,000mを超えると、カザンマツ（华山松, *Pinus armandii*）、チュウゴクツガ（铁杉, *Tsuga chinensis* pritz）、ウィルソントウヒ（青扨, *Picea wilsonii*）、ドラゴントウヒ（云杉, *Picea asperata*）などの中国西部に自生する針葉樹と落葉広葉樹の混交林が優占し、2,500m以上の標高になるとスギの常緑針葉樹林が優占する。さらに3,000m以上の高地には高山植生が広がっている（李ほか編 2008: 195-211）。

次に北部暖温帯落葉広葉樹林地帯の植生をみると、呂梁山脈南部や太行山脈中部、



- | | | |
|------------------------------|--------------------------------|------------|
| I 暖温帯落葉広葉樹林地帯 | II 温帯草原地帯 | III 温帯砂漠地帯 |
| I ₁ 暖温帯南部落葉広葉樹林地帯 | II ₁ 温帯森林草原地帯 | |
| I ₂ 暖温帯北部落葉広葉樹林地帯 | II ₂ 温帯典型草原（ステップ）地帯 | |
| | II ₃ 温帯半砂漠草原地帯 | |

図II-5 黄土高原地区における現在の森林分布と植生区分

(Hansen et al. 2013, 李ほか編 2008: 196 を基に筆者作成)

森林分布 (Landsat) : Hansen/UMD/Google/USGS/NASA, 標高データ : SRTM-3 ©USGS,
湖沼データ : HydroLAKES Version 1.0 © WWF

長治盆地の場合には、リョウトウナラやポプラ（山楊, *Populus davidiana*）、シラカバ、アブラマツ、コノテガシワなどの群落が広がっているが、多くの地域ではすでに潜在植生が失われており、キク科やニンジンボクなどの草本層が優占して繁茂している。陝西省の子午嶺や黄龍山（標高：1,000～1,600m）では、保護区を中心に、アブラマツやリョウトウナラのほかに、クヌギ、ナラガシワなどの木本群落も広がっている。また、より降水量が少ない子午嶺北部の黄土丘陵では、斜面方位によって植生が異なる。日射量が多く土壌が乾燥する南向斜面にはコノテガシワ、アンズ、ニレなどの木本や *Hippophae rhamnoides*（沙棘）などの灌木、白羊草（*Bothriochloa ischaemum*）、ヨモギ属の *Artemisia giraldii* Pamp.（菱蒿）等が繁茂している。対して北向斜面ではポプラ、シラカバ、アブラマツなどの木本、カバノキ科の固有種・*Ostryopsis davidiana*（虎榛子）、ヨモギ属の *Artemisia gmelinii*（铁杆蒿）等が繁茂している（山中 2008; 李ほか編 2008: 195-211）。また丘陵の尾根では、灌木の沙棘や、*Hemerocallidaceae*（黄菅草）、*Arundinella anomala*（野古草）等の草本群落広がっている（李ほか編 2008: 195-211）。

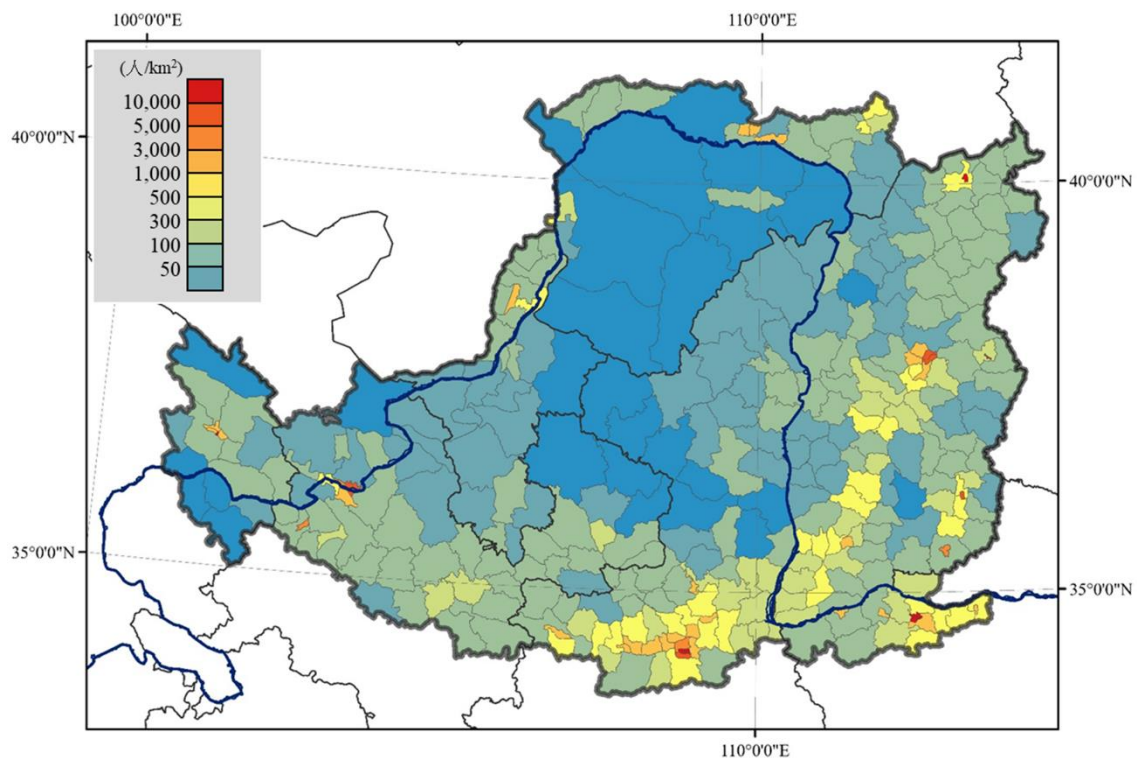
黄土高原地区の北西側半分は温帯草原地帯に属する。黄土高原地区の温帯草原地帯は、降水量の減少にともない、南から森林草原地帯、典型草原（ステップ）地帯、半砂漠草原地帯に細分化される。温帯草原地帯の草原植生は、陰山山脈を境として南北に区分される。陰山以北ではイネ科の *Stipa grandis* P. Smirn.（大针茅）や *Stipa krylovii*（克氏针茅）等のモンゴル高原系の草本が優占している。一方、オルドス高原南部から黄土丘陵にかけての地域では、同じイネ科の *Stipa bungeana*（長芒草）、*Stipa breviflora*（短花针茅）や、ヨモギ属の草本群落が代表的で、近年の植林緑化政策によって、アブラマツやコノテガシワ、ニセアカシアなどの木本や、マメ科の灌木 *Caragana korshinskii* Kom.（樺条）、沙棘等が植栽されている。また、わずかであるが蘭州市南部の興隆山、寧南黄土高原の六盤山、呂梁山脈北端の芦芽山等には森林生態系が広がっている。これらの森林には希少な野生生物も多数生息していることから、国の自然保護区に指定されている（李ほか編 2008: 195-211）。

2) 人口分布、地域経済、住民生活

区、県、旗別の人口密度（2014 年）を図II-6 に示す。陝西省の省会で副省級市である西安市や大同市、洛陽市、西寧市の中心部等で人口密度が高く 1km² 当たり 10,000 人

以上ある。とりわけ西安市中心部（新城区，碑林区，蓮湖区）の常住人口密度は 20,342 人/km² と，世界の人口過密都市と同程度の水準に上る。一方，農村部に目を向けると，ほとんどの行政区の人口密度は低い。関中平原や汾河流域の盆地帯では 300～1,000 人/km² 程度であるが，黄土丘陵ではほとんどの行政区が 300 人/km² に満たず，100 人/km² 以下の行政区も多い。また，オルドス高原の各旗も人口密度が低く，50 人/km² に満たない。

次に，黄土高原地区の一人当たり平均可処分所得の水準（2014 年）を図Ⅱ－7 に示す。都市住民（都市戸籍者）の可処分所得は慶陽市を除く甘肅省や青海省では公開されていないため，地区レベル（地級市，自治州）のデータを示した。都市住民の可処分所得は，総じて農村住民（農村戸籍者）よりも高く，その差は最大で 6 倍以上にも上る。また，ほとんどの行政区で 2 倍以上の開きがある。大都市の近郊や陝西省，内モンゴル自治区では相対的に都市住民と農村住民の間の所得格差が小さく，かつ両者の可処分所得が相



図Ⅱ－6 2014 年の黄土高原地区の人口密度

（「山西統計年鑑 2015」，「鄭州統計年鑑 2015」，「洛陽統計年鑑 2015」，「三門峽統計年鑑 2015」，「榆林統計年鑑 2014」，「延安統計年鑑 2014」，「宝鶏統計年鑑 2015」，「呼和浩特統計年鑑 2015」，「鄂尔多斯統計年鑑 2015」，「烏海統計年鑑 2015」，「巴彦淖爾統計年鑑 2015」，「内蒙古社会経済調査年鑑 2014」，「寧夏統計年鑑 2015」，「甘肅統計年鑑 2015」，「青海統計年鑑 2015」より筆者作成）

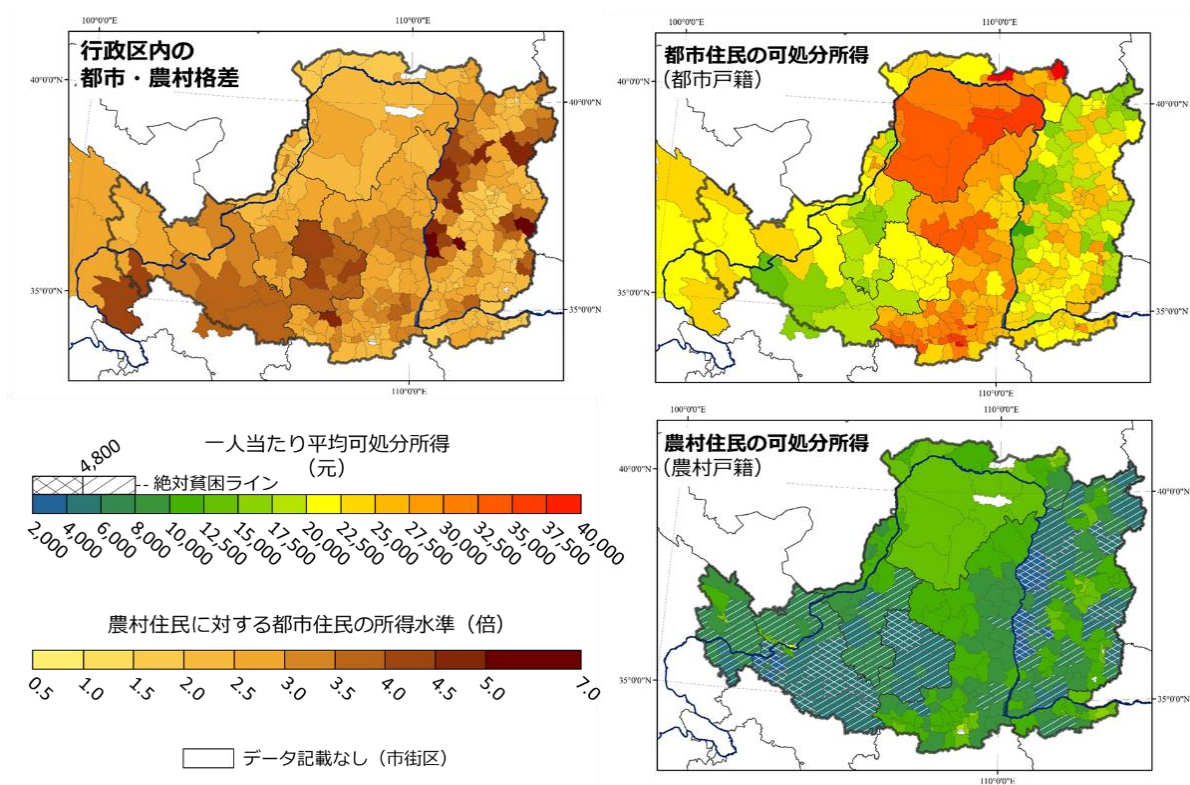
* 利用可能な公開データの制約上，包頭市は 2013 年，フフホト市，三門峽市は戸籍総人口，その他は 2014 年常住人口を用いた。

対的に高い。これに対して、山西省や甘肅省、青海省、寧夏回族自治区南部の黄土丘陵では、全体的に可処分所得が低く、とくに農村住民の平均可処分所得⁵⁾は8,000元/年を下回っている。2014年における都市住民の平均可処分所得の最大値は内モンゴル自治区フフホト市新城区の39,257元/年、最小値は山西省呂梁市石楼県の11,767元/年である。農村住民の平均可処分所得の最大値は蘭州市城関区の20,920元/年、最小値は山西省臨汾市大寧県の2,541元/年である。

中国政府は国内貧困ラインを2,300元/年と規定している。これは2011年に1,274元から2倍弱まで引き上げられた基準で、近年の所得増加傾向が背景として存在する。2014年の平均値は、上記の通りいずれの行政区でもこの水準を上回っていた。一方、世界銀行では絶対的な国際貧困ラインを「1.90USドル/日未満で生活する人」(2015年～)と定め(World Bank 2018)、さらに3.20USドル/日と5.50USドル/日の2つの準貧困ラインを示している(世界銀行 2017)。これを2015年1月～2018年9月の人民元との為替レートを基準に換算すると、国際貧困ラインは4,249～4,799元/年、国際準貧困ライン(3.20USドル/日)は7,157～8,083元程度となる。そこで、国際貧困ラインを4,800元/年、国際準貧困ラインを8,000元/年として対応する行政区の分布を確認すると、山西省の黄河沿岸や太行山脈の山麓、甘肅省の東部などで国際貧困ラインを下回り、寧南黄土高原や甘肅省の広い範囲で、国際準貧困ラインを下回っていることがわかった(図II-7)。8,000元/年を上回ったのは、大都市近郊農村と、陝西省、内モンゴル自治区、寧夏回族自治区の黄河本流沿岸の行政区であり、農村間でも明瞭な所得格差がみられる(図II-7)。

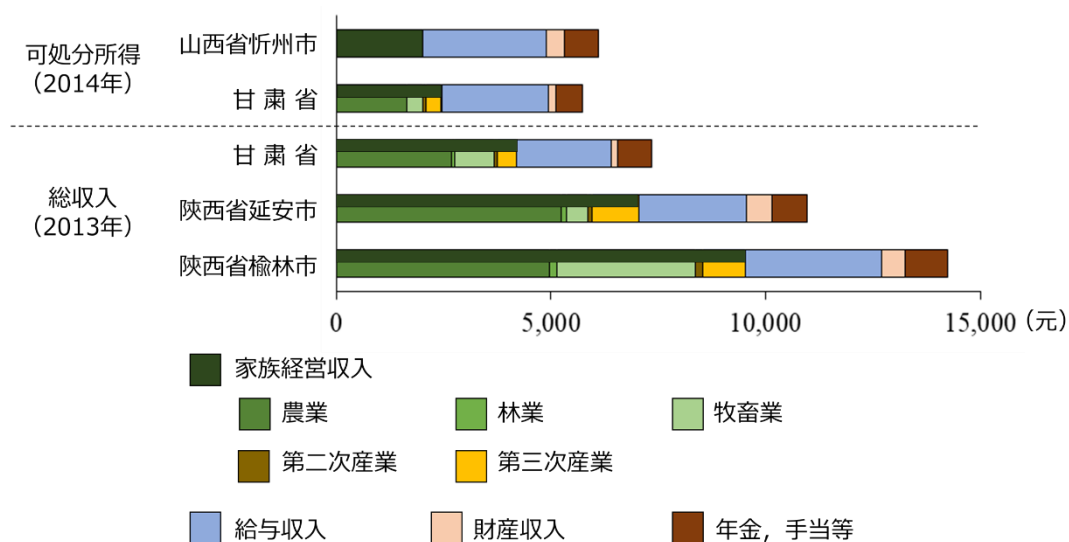
ここで黄土高原地区における農村住民の所得内訳について、所得水準の低い山西省忻州市、甘肅省と、所得水準の高い陝北黄土高原(延安市、榆林市)の例を示す(図II-8)。なお、公開データの制約上、忻州市は可処分所得のみ(2014年)を、延安市と榆林市は総収入のみ(2013年)を用いる。図II-8をみると、甘肅省や山西省忻州市に比べて、陝西省延安市、榆林市では家族経営収入の額、割合が高いこと、なかでも第一次産業の収入が多いことがわかる。延安市、榆林市の農業生産による平均総収入(2013年)は、甘肅省の平均値のそれぞれ1.94倍、1.84倍にも上る。このように、黄土丘陵や黄土塬に位置する行政区の所得格差は第一次産業の違いによる影響が大きい。

⁵⁾ 本研究では、農村住民の一人当たり純収入を農村家計の一人当たり可処分所得とする。



図II-7 2014年の黄土高原地区の可処分所得と所得格差

(「山西統計年鑑 2015」, 「鄭州統計年鑑 2015」, 「洛陽統計年鑑 2015」, 「三門峽統計年鑑 2015」, 「榆林統計年鑑 2014」, 「延安統計年鑑 2014」, 「宝鶏統計年鑑 2015」, 「呼和浩特統計年鑑 2015」, 「内モンゴ調査年鑑 2015」, 「寧夏統計年鑑 2015」, 「慶陽統計年鑑 2015」, 「甘肅統計年鑑 2015」, 「青海統計年鑑 2015」より筆者作成)



図II-8 黄土高原地区における農村住民の一人当たり収入の内訳

(「忻州統計年鑑 2015」, 「榆林統計年鑑 2014」, 「延安統計年鑑 2014」, 「甘肅統計年鑑 2015」より筆者作成)

3) 農牧生産と農業的土地利用

黄土高原地区の代表的な農産物はアワやキビであるとされてきたが、現在の主な農業生産は大きく変化してきており、2014 年時点でアワやキビの栽培面積が農産物播種面積⁶⁾全体の 10%を超える行政区はわずかしかない。また、栽培される作物は、地形、気候、水文条件や経済環境の違いによって、いくつかの地域傾向に区分できる。

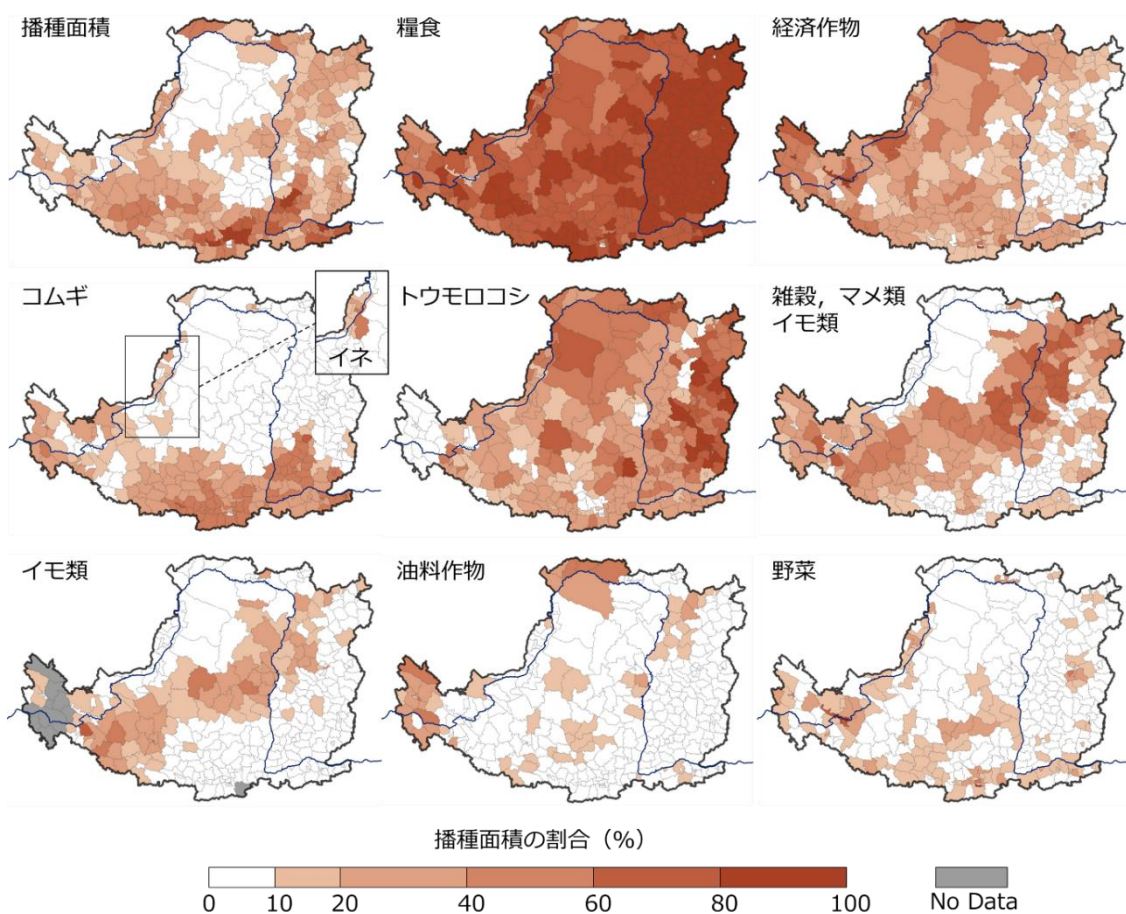
図II-9 から 2014 年における農産物播種面積の特徴を確認すると、まず総面積に占める農産物播種面積の割合は、関中平原や汾河下流域の盆地、最下流の洛陽市や鄭州市などで高い。一方、砂漠や草原の広がるオルドス高原、黄土丘陵中部、青海省の山岳地などで 10%を下回っている。次に農産物の特徴をみると、多くの地域で「糧食」⁷⁾の割合が高く 60%以上を占めている。とくに山西省ではほとんどの行政区で 80%を占めている。その内訳をみると、青海省を除くほとんどの地域でトウモロコシが盛んに栽培されていることがわかる。地域的特徴に注目すると、(1) 黄土高原地区南部はコムギとトウモロコシ、(2) 山西省東部はトウモロコシ、またはトウモロコシとマメ類、(3) 温帯森林草原地帯に当たる黄土丘陵はトウモロコシ、イモ類、マメ類、(4) 寧夏平原はイネ（水稻）とトウモロコシ、(5) 河套平原西側と青海省は油料作物、(6) 大都市近郊は野菜が、それぞれ主たる栽培作物である。このうち、河套平原西側の油料作物はヒマワリが主であり、対して青海省ではアブラナが主である。また、陝西省の北部など、大都市から離れた黄土丘陵の一部地域でも、野菜が主要作物の一つとして栽培されている。

次に、農産物播種面積に対する果樹園面積の割合を図II-10 に示す。これをみると、黄河本流沿岸を中心に、陝西省北部の各行政区で果樹が盛んに栽培されていることが分かる。以上の結果として、陝北黄土高原の所得水準は、図II-7 のように、他の行政区に比べて全体的に高く、かつ農業生産による収入の比率も高い傾向にある。なお、黄土高原地区で栽培されている果樹は、リンゴ、ナツメ (*Ziziphus jujuba*)、ナシ、アンズが多い。一方、山西省や甘肅省では、果樹の栽培は限定的であり、多くの行政区では、果樹園の面積は農産物播種面積の 4 分の 1 にも満たない（図II-10）。

⁶⁾ 果樹を含まない。

⁷⁾ 中国独自の集計方法で、イネ科作物やソバ等の穀類に、マメ類（ラッカセイを除く）とイモ類（サツマイモ、ジャガイモのみ）を含む。これ以外の油料作物、糖料作物、野菜、ウリ類、麻類などを総称して「経済作物」という。

最後に、家畜飼育の傾向を確認する。黄土高原地区で飼育されている主な家畜は、ウシ（黄牛）（*Bos taurus*）⁸、ヤク（*Bos mutus*）、ウマ（*Equus caballus*）、ロバ（*Equus asinus*）、雌ウマと雄ロバの交雑種であるラバ、フタコブラクダ（*Camelus ferus*）、ヒツジ（*Ovis aries*）、ヤギ（*Capra hircus*）、ブタ（*Sus scrofa domestica*）等である。図II-11は、FAO（1984）が作成した、中国におけるロバ、ラバ以外の主要家畜の空間分布図である。国内全体で飼育される頭数に占める割合を、家畜の種類ごとに点群で表しており、ポイン



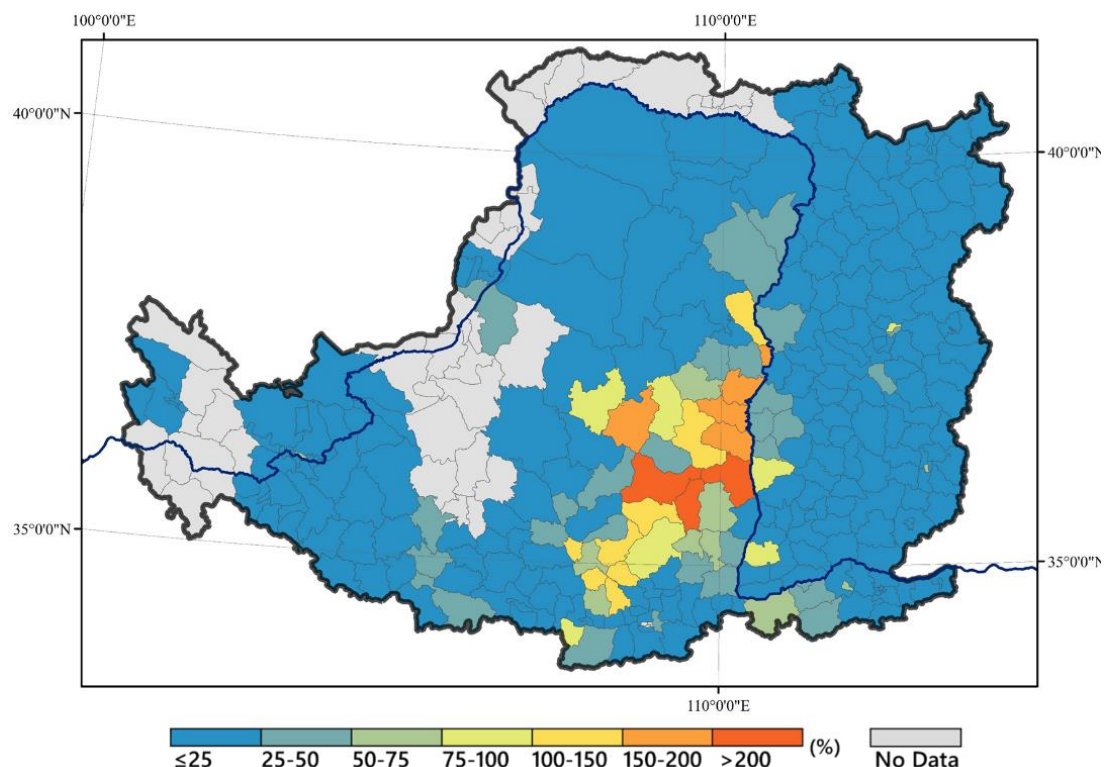
図II-9 黄土高原地区における主要農産物の播種面積の割合（2014年）

（「山西統計年鑑 2015」，「鄭州統計年鑑 2015」，「洛陽統計年鑑 2015」，「三門峽統計年鑑 2015」，「榆林統計年鑑 2014」，「延安統計年鑑 2014」，「宝鶏統計年鑑 2015」，「内蒙古調査年鑑 2015」，「寧夏統計年鑑 2015」，「銀川統計年鑑 2015」，「甘肅統計年鑑 2015」，「西寧統計年鑑 2015」，「青海統計年鑑 2015」より筆者作成）

⁸ 中国における在来牛の総称。中国においてウシは、長く農耕用の家畜として重要な地位を占めており、各地域に適応した地方品種が作出されてきた。大きく普通黄牛（*Bos taurus*）と肩峰牛（コブウシ）（*Bos indicus*）の2品種がある。また、自然条件と生態条件によって（1）北方牧区の草地黄牛，（2）中部華北農区の黄牛，（3）南西部，南部の華南黄牛の3タイプに区別される（農業生物資源研究所 1996: 11）。

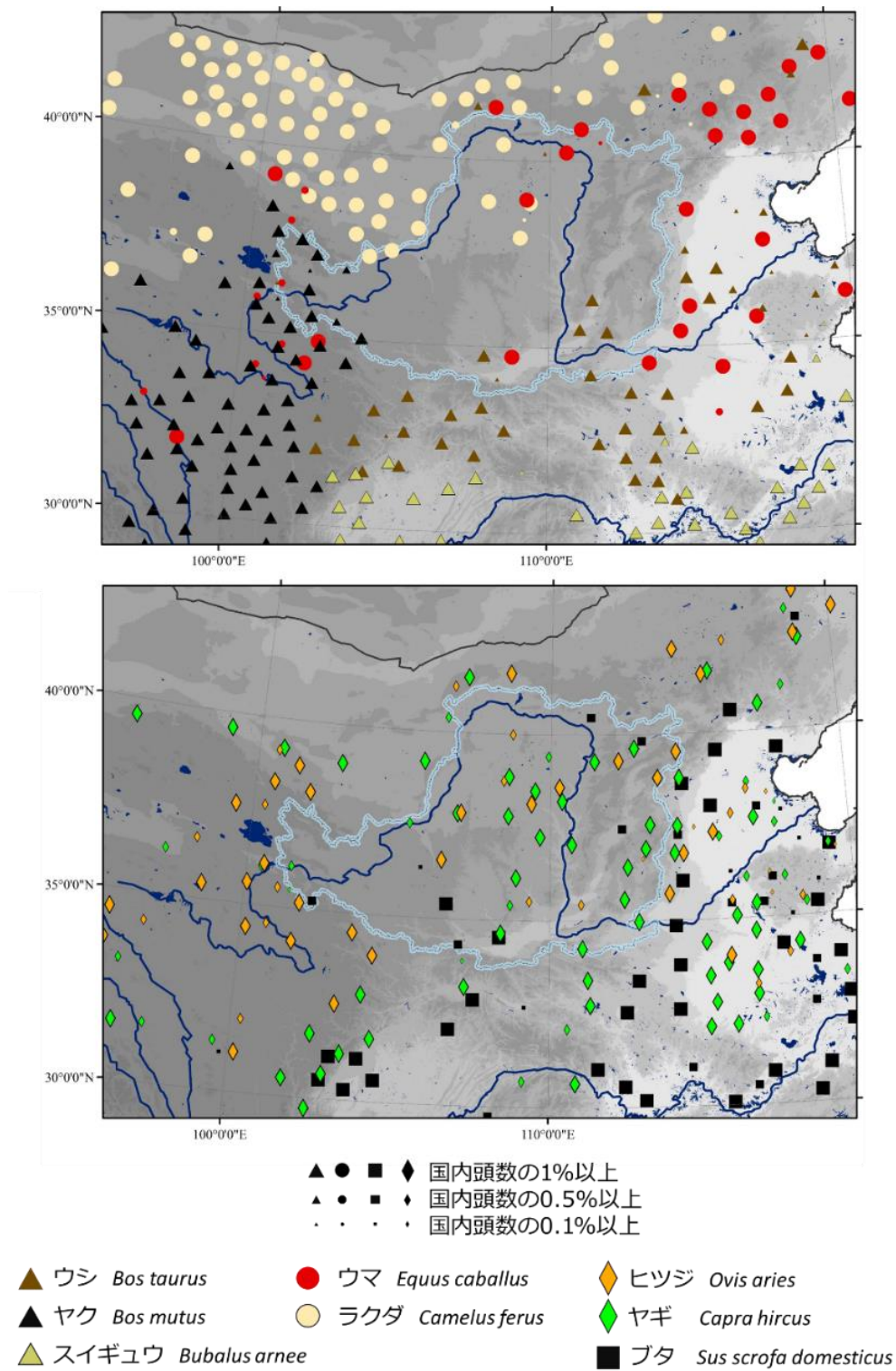
トは、その家畜が他地域に比べて集中的に存在していることを示す。黄土丘陵を中心とした黄土高原地区の中部では、図II-12のようなロバ、ラバ、ヤギ、ヒツジ、ブタ等の飼育が中心で、図II-11に示すように黄淮海平原など中国北部、東部の華人定住農耕社会の広域的な傾向と共通している。とくに甘肅省には中国全土のロバ、ラバの22.2%が集中している。また、降水量が少なく内モンゴル自治区に近い北部ほど、放牧に適したヒツジの飼育が盛んで、長距離の移動に適さないブタの飼育が少なくなる傾向にある。秦嶺山脈周辺や関中平原などの黄土高原地区の南部では、長江以北の中国中部と同様に、ウシ（黄牛）とブタの飼育が多い（図II-11）。ただし、より南部の長江沿岸や四川盆地の水稲地帯のようなスイギュウ（*Bubalus arnee*）の飼育は行われていない（図II-11）。

一方、モンゴル族やチベット族等の遊牧少数民族が生活し、降水量や標高によって気候条件がより乾燥冷涼な、内モンゴル自治区や青海省では状況が異なる。青海省では、ウシ属として黄牛やスイギュウではなくヤクが飼育され（図II-11）、放牧、搾乳される



図II-10 黄土高原地区の農産物播種面積に対する果樹園面積の割合（2014年）

（「山西統計年鑑 2015」, 「鄭州統計年鑑 2015」, 「洛陽統計年鑑 2015」, 「三門峽統計年鑑 2015」, 「榆林統計年鑑 2014」, 「延安統計年鑑 2014」, 「宝鶏統計年鑑 2015」, 「呼和浩特調査年鑑 2015」, 「鄂尔多斯統計年鑑 2015」, 「寧夏統計年鑑 2015」, 「銀川統計年鑑 2015」, 「甘肅統計年鑑 2015」, 「西寧統計年鑑 2015」より筆者作成）



図II-11 黄土高原地区周辺の家畜飼育分布

(FAO 1984 より筆者作成)

標高データ：SRTM-3 ©USGS, 湖沼データ：HydroLAKES Version 1.0 © World Wildlife Fund,
河川データ：ESRI World Major Rivers ©Esri

(川本 2009)。またヒツジの飼育が多く、移動に適さないブタの飼育が少ない。こうしたヤク・ヒツジ中心の家畜飼育は、高標高でチベット系の民族が生活するチベット高原やヒマラヤ山岳地帯と共通した特徴を示している(川本 2009)。内モンゴル自治区やその隣接地域では、フタコブラクダの分布が集中している(図II-11)。フタコブラクダの飼育は、陰山山脈以北のゴビ地方のモンゴル遊牧民と共通した特徴で、搾乳の中心的家畜の一つとして重用されている(Ishii and Samejima 2006)。また、内モンゴル自治区では、黄土高原地区北部の他地域と同様に、ウマやヒツジの飼育も盛んである(図II-11)。

以上のように、気候条件や文化的背景によって内モンゴル自治区と青海省では、飼育する家畜の種類に関して、黄土高原地区の他地域と大きく異なる特徴が存在している。他の黄土高原地区では、おおむねロバ、ヤギ、ヒツジ、ブタが主要な家畜であるが、乾燥した北部ほどヒツジが多く、湿潤な南部ほどヤギやブタが多い。



図II-12 黄土丘陵で飼育、放牧される主な家畜の様子

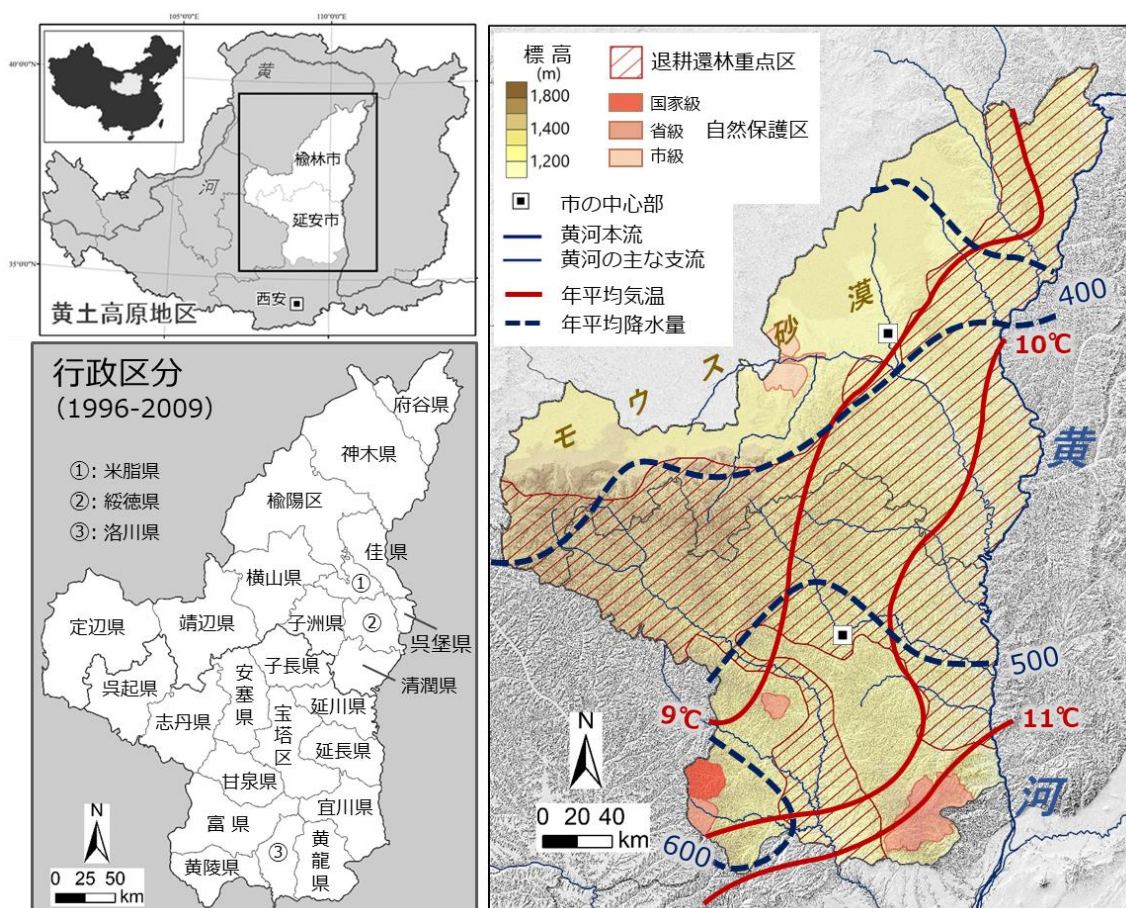
a: ロバ, b: ラバ (左)・ウマ (右), c: ブタ, d: ヤギ

(陝西省榆林市定辺県, 2014年9月筆者撮影)

2. 陝北黄土高原の概要

1) 自然環境と行政区分

本研究が対象とする陝北黄土高原は、陝西省北部に属する黄土高原を指す。黄土高原地区のほぼ中央を占め、半乾燥気候地域に属する。北部、中部を黄土丘陵、南部を黄土塬が占め、狭義の黄土高原の一角を占める。黄土高原地区の中でも、最も土壌侵食が深刻な地域の一つである。行政区分は榆林市と延安市に当たり、25 の区と県がある（図Ⅱ－13）。気候は北西部ほど乾燥冷涼で、年平均降水量は 400～600mm 前後（図Ⅱ－13）、その多くが夏季に集中する温帯大陸性夏雨気候である。また気温の年較差、日較差が大きい。当該地域では、図Ⅱ－13 に示す自然保護区を中心に、子午嶺や黄龍山など、南部の退耕還林重点区外の地域に森林植生が広がっている。当該地域は甘肅省、四川省と

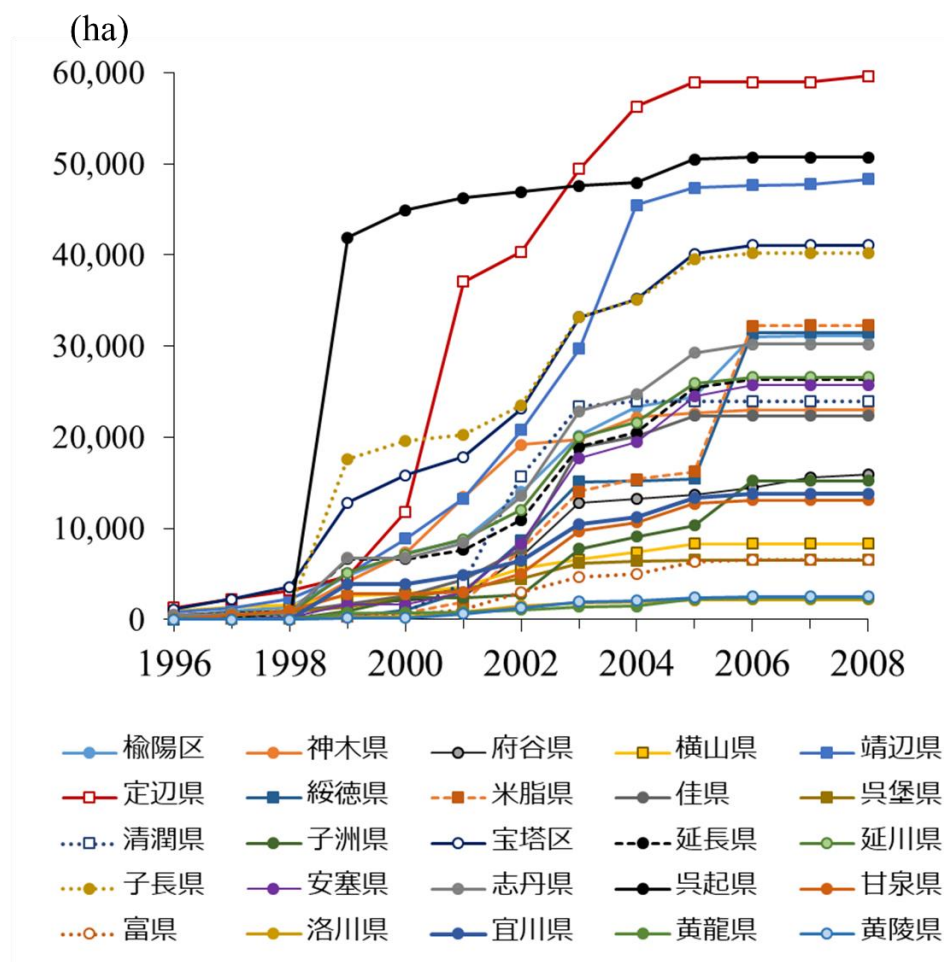


図Ⅱ－13 黄河と陝北黄土高原の位置、および気候的、地形的特徴

（『陝西省地図集』（西安地図出版社，2010 年発行），陝西省林業庁・陝西省林業調査計画院 2009 を基に筆者作成）

もに、退耕還林のモデルとして 1999 年から他地域に先駆けて造林が展開され、北部の黄土丘陵を中心に、多くの斜面耕地が緑化された。とくに全国退耕還林モデル県に指定され、退耕還林の先陣を切ることとなった呉起県など、陝北黄土高原北西部の諸県では、傾斜 20 度以上の斜面を中心に、1999～2004 年の 6 年間に累計 40,000ha 以上の耕地が緑化された（図Ⅱ－14）。結果として、当該地域から黄河に流出する土砂量は、植生指数の増加に対応して大きく減少している（信ほか 2009）。

対象地域における土壌の有機質量や可給態養分量は、南部の森林地帯を中心に高く北部ほど低い。土壌中の可給態窒素の含有量は、延安市の広い範囲で土壌 1kg 当たり 60～120mg 程度である。一方、榆林市や延安市北東部では 30mg/kg に満たない。可給態リン酸の含有量は陝北黄土高原のほとんどの地域で 10mg/kg 未満である。また可給態カリ



図Ⅱ－14 陝北黄土高原における耕地を植林した面積の推移（1996～2008 年）

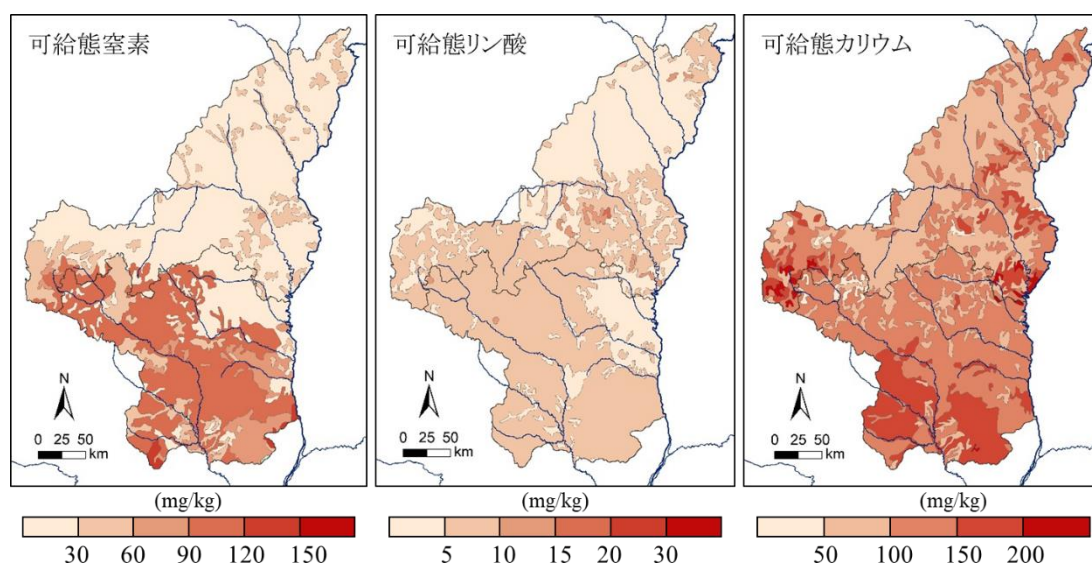
（延安市林業誌編纂委員会編 2011: 269-270、各年次「榆林統計年鑑」の掲載値から筆者作成）

ウム含有量は、ほとんどの地域が 50～150mg/kg 程度である。南部の森林地帯や、清澗県、定辺県の一部では 150mg/kg 以上の場所もみられる（図Ⅱ－15）。

2) 社会経済状況と農牧生産の現状

陝北黄土高原は、1990 年代までは中国のなかでも、最も貧しい地域の一つであり（中華人民共和国農業部 1996: 61）、飢饉や旱魃、洪水被害に苦しめられてきた。そのため歴史上も、明朝を滅ぼした李自成の乱（A.D. 1631～1644）をはじめ、度々中央政府に対する農民反乱の発生地になった。一方、現在では上述のように、農牧業収入によって、黄土高原地区のなかでも所得水準の高い地域の一つとなっている。そのため、黄土高原の生態系や農村経済に関する多くの事例研究が蓄積されている。さらに近年では英中の国際研究チームによって、農村経済の動向が植生の回復に効果的に作用してきたと評価されている（Li et al. 2017）。

1930 年代において、当該地域の伝統的な栽培作物は、主要な主食であるアワやキビ等であったが、こうした伝統的な生業経済は近年大きく変化している。各行政区に共通する現在の主要農業はトウモロコシ栽培で、南部や黄河本流沿岸では果樹栽培、北部ではイモ類やマメ類の栽培も盛んである。このうち、トウモロコシの品種は、換金、飼料目的として栽培されているデントコーン（*Zea mays* var. *indentata*）が主である。トウモ



図Ⅱ－15 陝北黄土高原の土壤化学性

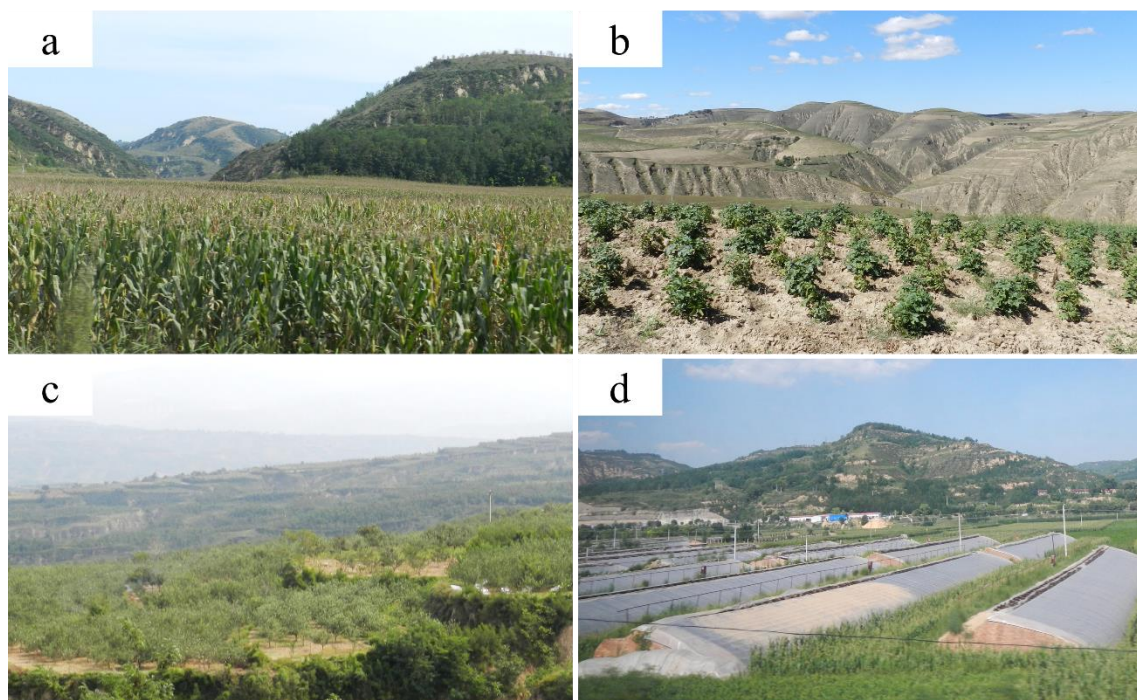
（『陝西省地図集』（西安地図出版社、2010 年発行）を基に筆者作成）

ロコシの栽培にはより多くの水分を必要とするため、河川沿いをはじめとする低地に栽培地が広がっている（図Ⅱ-16a）。また、当該地域で栽培されるイモ類の多くはジャガイモである。イモ類に占めるジャガイモの播種面積率（1996～2009年の平均値）を確認すると、データの存在する延安市では、13区県のうち11区県で87%以上をジャガイモが占めている。とくに北部ほどその割合が高く、黄土丘陵の呉起県、志丹県、安塞県、子長県では99%以上がジャガイモで占められている。こうした地域では斜面上の栽培地にジャガイモが作付けされる景観が観察できる（図Ⅱ-15b）。

果樹栽培は図Ⅱ-10で示したように、延安市南部の洛川県や富県、宜川県において非常に盛んで、その栽培面積の規模は農産物播種面積の2倍以上に上る。また、黄河本流沿岸の各県でも盛んに栽培されている。当該地域で栽培されている果樹は、南部ではリンゴが主であり、北部ではナツメが主である。こうした地域では、台地上や丘陵地斜面上に果樹園が広がっている（図Ⅱ-16c）。とくにリンゴ栽培は、延安市南部において盛んで、2011年現在、洛川県ではリンゴ園の81.5%を「ふじ」が占めている（史ほか2013）。リンゴ栽培は陝北黄土高原の南部諸県では退耕還林以前からも栽培されていたが（佐藤ほか2012）、当該地域では高い商品価値を持つため、退耕還林の「経済林」としてさらに導入され（石田2010；鬼木ほか2007）、栽培面積は2000年代を通じて急速に拡大し、農村住民の重要な収入源となった地域も散見される（飯塚2005）。一方で、当該地域ではリンゴによる残留農薬や化学肥料による土壌、水質汚染が指摘されるようになってきており、陝北黄土高原のリンゴ主産地に対し、病虫害被害を低減させ、農薬使用量を削減させるための技術的試行も始まっている（陝西省果業管理局2015）。

また陝北黄土高原は、大都市近郊以外で野菜栽培が広がっている主要地域の一つである。その理由として、退耕還林による農業生産の構造転換、農村振興の一環で、野菜栽培が各地で導入されたことが挙げられる（佐藤ほか2008；向・関2009；原ほか2017）。とくに、平坦地が確保できる場合には農村振興策としてビニルハウス（以下、ハウス）の建設が推進された。陝北黄土高原では冬季の気温が氷点下にまで低下するため伝統農業は春に播種する露地端での一期作であったが、ハウスの導入によって冬季の野菜栽培が可能になったため、収入が大幅に増加した例がみられる（向・関2009；佐藤ほか2012）。農産物播種面積の18.4%を野菜栽培が占める甘泉県は、野菜栽培の盛んな県の一つである。平坦地では、図Ⅱ-16dのように中国式の無加温温室が多くみられ、夏季になるとその間の土地ではトウモロコシの露地栽培も行われる。

家畜の飼育は、ヤギ、ヒツジを主とし、中国北方地域共通の特徴を有している。とくに陝北黄土高原の北部では、ヤギとヒツジの飼育頭数が多い。役畜は、農業機械化等の影響により、近年どの地域でも近年頭数が減少傾向にある。陝北黄土高原で飼育される役畜は主に、ウシ、ウマ、ロバ、ラバである。当該地域のウシは、主として役用の在来種（黄牛）（*Bos taurus*）で、モンゴル高原原産の「蒙古牛」と、陝西省中部を主産地とする「秦川牛」との混血系統と考えられる（耿ほか 1996）。とくに、犁耕の動力として用いられてきた。またロバやラバは、耕耘に加えて運搬や製粉の動力源としても重要視されてきた（柴ほか 1987；縄田 2008）。ほかに、平均 1～2 匹程度のブタが世帯によっては飼育されている。



図II－16 2010年代の陝北黄土高原における代表的な農業的土地利用

(a: 平坦地のトウモロコシ耕地，延安市宝塔区，2013年9月筆者撮影；b: 丘陵地斜面上のジャガイモ耕地，榆林市定辺県，2017年8月筆者撮影；c: 丘陵地斜面上のリンゴ果樹園，延安市宜川県，2013年9月筆者撮影；d: 平坦地の中国式温室，延安市甘泉県，2015年9月筆者撮影)

Ⅲ 黄土高原地区における「砂漠化」の成り立ちと対処

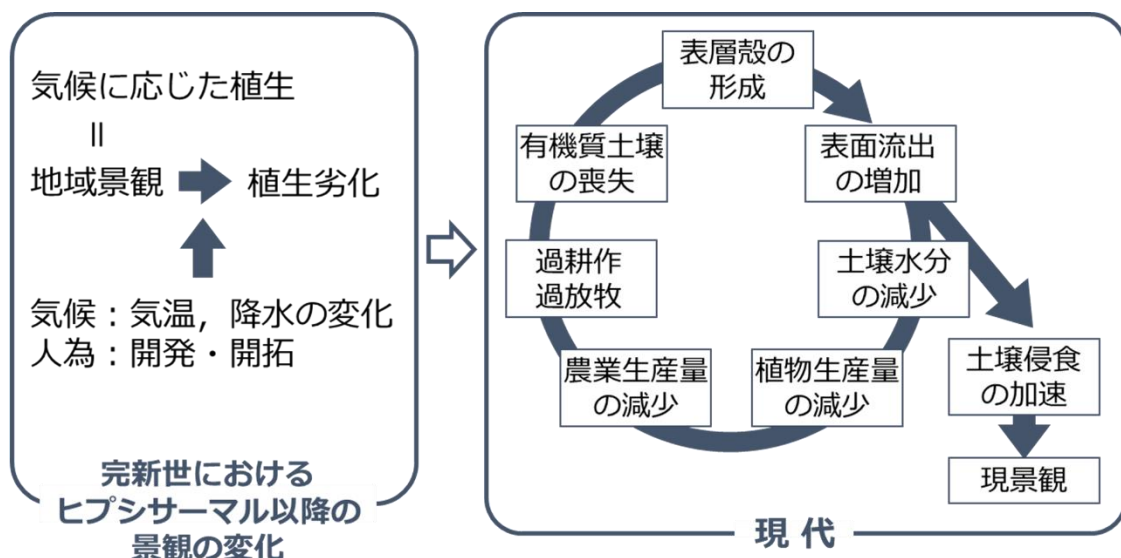
1. 乾燥気候メカニズムと人間活動

陸上堆積物である黄土高原地区のレスは、各時代の気候と地殻変動に規定される黄砂塵の飛来方向や飛来源、飛来量、降水量、植生、それらの要因となる後背地の侵食量、偏西風やモンスーンの強度等をほぼ正確に記録している (An 2000; Nie et al. 2015; Zhao et al. 2009)。そのため、当該地域のレスはとくに第四紀の気候変動と陸域生態系への影響を理解するための、最も重要な記録として認識され (Vasiljević et al. 2014)、多数の研究者によって、過去の気候、植生の復元とメカニズムの解明、気候変動の人間社会への影響や適応策に関する分析が進められている。

現在の黄土高原地区の地形形成および乾燥気候の要因は、古第三紀から始まったヒマラヤ造山運動である (山中・安田 2008)。インド亜大陸がユーラシア大陸に衝突し、ヒマラヤ山脈とチベット高原の隆起が引き起こされると、それまでテチス海に面していたチベット高原の北側一帯の中国北西部や中央アジアは内陸化した。さらに、新しく生まれた高地によってモンスーンの流入、すなわち水蒸気の輸送が著しく遮られると (He et al. 2004b)、水分供給が絶たれ一帯の乾燥化が始まることとなった (鬼頭 2005)。

次いで、ヒマラヤ造山運動によって現在に近い冬季モンスーンや夏季の亜熱帯偏西風ジェット気流が生じるようになると、黄土高原地区では西部のタクラマカン砂漠や北西部のゴビ砂漠周辺から多量の黄砂塵が運ばれ、現在「黄土」と呼ばれる風成層の形成も始まった (成瀬 2014; He et al. 2004b)。黄土高原地区では、チベット高原の急激な上昇に呼応するように、レス (Reddish Loess) の堆積が遅くとも 720 万年前に始まったと考えられている (An 2000)。とくに第四紀の黄土高原地区では、250~210 万年前頃から乾燥化が本格的に進み、110 万年前以降それがより顕著になった (Tada et al. 2016)。各地の層序分析からは、乾燥寒冷期における冬季シベリア高気圧の発達によってレスの堆積が促進される時期と、湿潤温暖期における東アジア夏季モンスーンの強化によって森林が繁茂し、レスが土壌化作用を受けて古土壌層が発達する時期とが、氷期―間氷期サイクルをはじめとする気候イベントと連動して幾度も繰り返されてきたことが明らかになっている (魯ほか 2005)。

我々現生人類の生きる完新世は、最終氷期を経た間氷期であり、黄土高原地区の自然史のなかでは比較的湿潤温暖な時代である。しかし、当該期間だけをみると、気候は徐々に乾燥化してきた。黄土高原地区の自然植生は、水分条件に恵まれた岩石山地や低地の湿地、年平均降水量 500mm 以上の丘陵地斜面が森林で、より乾燥した台地や黄土丘陵の多くが草原だったのではないかと考えられている（松永 2013: 99-100; 方ほか 2008a）。黄土高原地区ではこうした気候、植生環境を背景に、定住農耕社会の王権と、騎馬遊牧民の牧畜型農耕社会がそれぞれ確立した。しかし乾燥化にともなう両者の対立構造は、境界に位置する黄土高原地区の人間活動を発達化させ、次第に森林や草原の広がる陸域生態系を劣化させていく。その結果、黄土丘陵や黄土塬の多くの地表面では有機質土壤が失われ、表層殻が形成され、表面流出が増加し、土壤水分が減少することとなった（Ohmori et al. 1995）。さらに土壤水分が減少することによって植物生産量が減少し、過耕作、過放牧に陥るとともに、定住農耕社会ではこれを補うべく過耕作が促進されるという、「砂漠化」スパイラルが形成された。こうして当該地域の土壤侵食は加速化し、現在の地形景観が成立した（Ohmori et al. 1995）（図III-1）。以下では、図III-1のように簡略化される、黄土高原地区における砂漠化・土地劣化問題の成り立ちと対処の過程を、図III-2, 3の年表を用いつつ、時代を追って順に説明する。



図III-1 黄土高原地区における土地劣化のプロセス
(Ohmori et al. 1995)

1) 農耕社会・牧畜型農耕社会の成立と、砂漠化・土地劣化問題の萌芽

最終氷期が終わり完新世に入ると気候の温暖化が進行した。陝北黄土高原では現在に比べて摂氏 2～4 度程度気温の高い時代（ヒプシサーマル期）が訪れ、その状態が 4,000 年近く続いた（He et al. 2004b）（図III－2）。年間降水量は山西省中部の公海湖周辺の場合、現在よりも 100～150mm 多く 550～600mm 前後で（Liu et al. 2017）、多くの地域が現在よりも湿潤であったと考えられている（Anwar et al. 2017）。黄土高原地区の東部に隣接する黄淮海平原の広い範囲は海水面の上昇にともない海の下に沈み、黄土高原地区南東部の平原・盆地地帯（中原・関中地域）は海岸線に比較的近い立地環境となった⁹⁾。

考古学の成果によると、この時期、中原・関中地域ではアワとキビの栽培を中心とする畑作農耕社会が成立したと考えられている。この初期畑作農耕は、湿潤温暖なヒプシサーマル期を通じ、それ以前から発展してきた狩猟活動（Chen and Yu 2017）と融合するかたちで生まれ、当該地域に新石器時代の裴李崗文化（7000/6500～5000B.C.）、仰韶文化（5000～2600B.C.）、龍山文化（2600～1900B.C.）を花開かせた（たとえば、小川 2011; 甲本 2001: 105-157; Zhao et al. 2009; 趙 2017）。当時の人々は、森林性のシカを選別的に狩猟し、かつ食糧生産がある程度安定するとブタに特化した畜産業を展開した（岡村 2005）。さらに中原・関中地域の社会は、長江中下流域で形成されていた稲作農耕社会と融合し、徐々に農耕社会の一大中心地として発展した（宮本 2007）。龍山文化期を通じて中原・関中地域の多くのコミュニティでは、栽培される穀物の 50～90%以上をアワが占め、キビやコメも栽培された（Sheng et al. 2018）。中原・関中地域に比べて降水量の少ない陝北黄土高原に暮らす人々は、地域の気候環境に適応するべく、より水資源消費量の少ないキビ栽培の割合を増やし、アワとキビを盛んに栽培した（Sheng et al. 2018）。

紀元前 3000 年頃になると、住民は長きに渡った温暖期の終焉と、比較的乾燥冷涼な気候の始まりを経験することになる（He et al. 2004b）（図III－2）。中原・関中地域の人々は、集約的な農業を展開して生産性の低下を防ぐとともに、多様な穀物を輪作することで生産量の維持とリスク分散を図り、中華世界における氏属性社会から初期の都市国家（邑制国家）の形成を牽引した（二里頭文化:1900～1600B.C.）¹⁰⁾（岡村 2005; 吉本 2006）。

⁹⁾ 『中国自然地理図集』（中国地図出版社、2010 年発行）による。

¹⁰⁾ 河南省洛陽市郊外の遺跡、また新石器時代末期から青銅器時代初期の文化。中国での王権誕生を示す重要な資料。2000 年代以降、考古学の成果から、二里頭は第一王朝「夏」ではないか、との説が強まっている（吉本 2006）。一方、伝世文献にみえる夏の諸王の実在は未だ証明されていないため（佐藤 2018）、本研究では「二里頭」と呼ぶ。

中原・関中地域ではこの二里頭以降、近接する異なる文化と歴史的基盤を持った集団が、商（殷）、周を建国して王都を置き、多様だった農耕社会は、当該地域で勃興した上記初期王朝を中心にゆるやかな統合へと向かっていくことになる（黄川田 2013）。

黄河中下流域では気候の乾燥冷涼化にともなって、これまでのブタ優位の肉消費が変化し、新たにウシやヒツジといった有蹄類の飼育が盛んになり、中国内部における畜産業の地域性が顕在化した（甲本 2001: 105-157）。とくに顕著だったのが長城地帯で、この時期の気候の乾燥冷涼化を契機として、雑食性で乾燥に弱く長距離の移動に適さないブタが家畜から次第に排除され、草食性で群居性の有蹄類の卓越する牧畜経済が形成された（岡村 2005）。こうして長城地帯では農耕社会から分離した牧畜型農耕社会が生まれ、北東アジア地域において、図II-11 で示したような、現在に至る、異なる生業活動に基づく社会構成の空間構造が形成された（宮本 2007）。

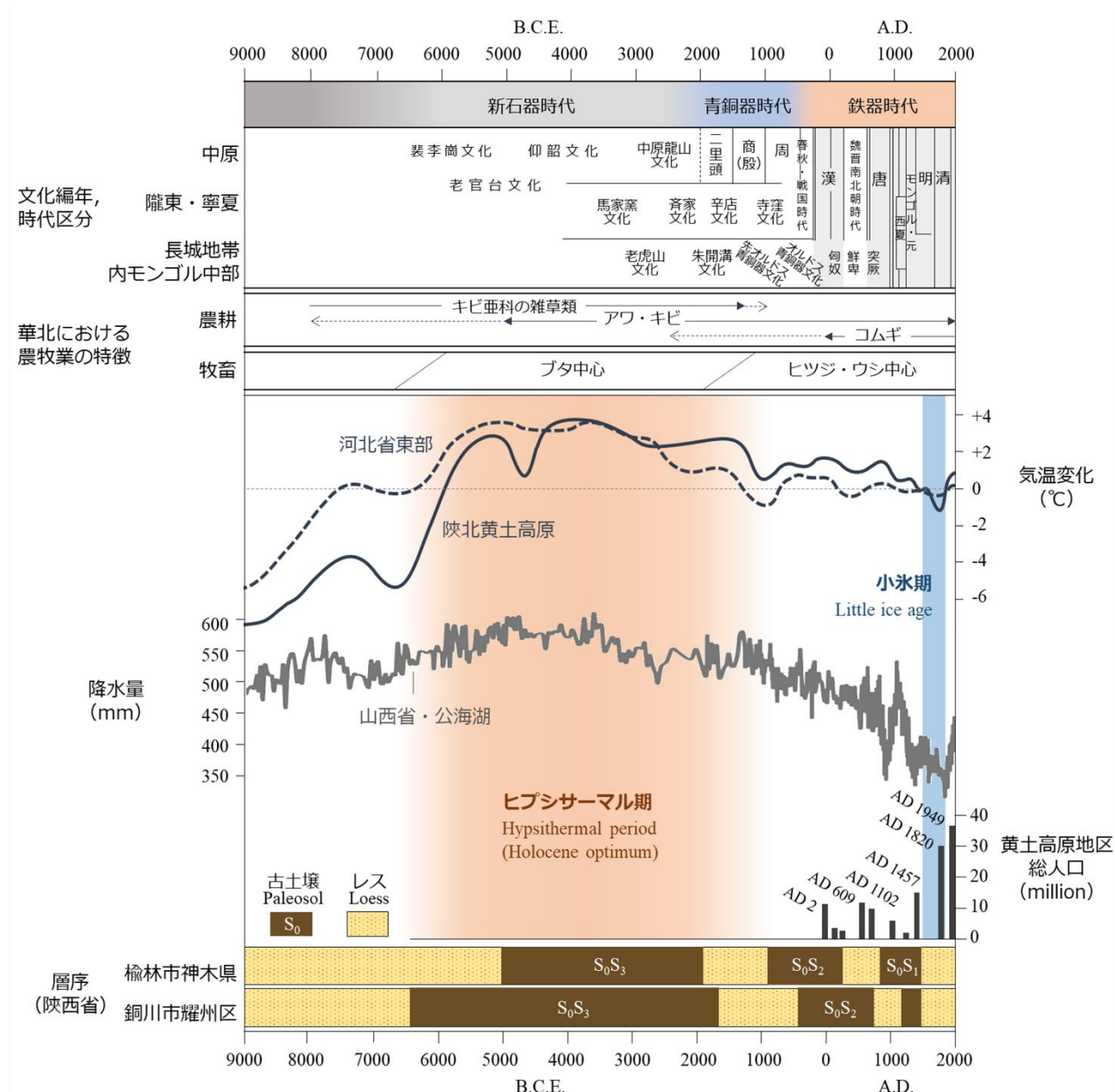
黄土高原地区のなかで長城地帯に居住する諸集団は、中原・関中地域の文化とは一線を画した。とくに彼らは、長城以北の、モンゴル高原から西シベリア平原に至るユーラシア草原地帯と、新石器時代以来の連鎖的な交流関係を続け（松本 2018: 267-277）、朱開溝文化(2200～1500B.C.)をはじめとする特有の文化を展開した（小林 2014; 宮本 2007; 方ほか 2008b: 226-228）。そして中原・関中地域において周王朝が確立していた紀元前 10 世紀頃、ユーラシア草原地帯では本格的な騎馬遊牧をとまなう文化が始まったと考えられる（松本 2018: 38）。牧畜型農耕社会の形成と騎馬遊牧民の発生は、その後の草原地帯の方向性と、南に位置する定住農耕社会との対立構造を形成した（宮本 2007; 松本 2018: 38）。以来この対立構造は、両者の境界線に位置する黄土高原地区において、歴史時代の長きに渡り自然環境に極めて大きな影響を及ぼすことになった。

2) 秦漢～隋唐期の開発と伝統的農業生産の成立

関中・中原地域では周王朝以降も相次いで王都が築かれ、次々と大帝国が形成されていく。黄河下流の沖積平原では、紀元前 1400 年頃以降、土砂の堆積が加速化しており（許 2007）、気候の寒冷化とともに、主要な土砂供給源である黄土高原地区での人間活動が活発化し、土壌侵食を加速化させたのではないかと考えられている（許 2007）。

古代黄土高原地区において、人間活動が最初に大きく拡大するのは、秦漢期である。周王朝の力が衰えた後、黄土高原地区では陝西省から甘粛省を拠点とする秦が強国化し、

紀元前 221 年，秦王・嬴政が中華を統一した。帝都が関中平原・西安近郊の咸陽に定められると，関中から黄土高原地区の内部に向かって人口分布域が拡大した（魯ほか 2005）。とくに呂梁山脈以西，六盆山脈以東の，陝北および隴東黄土高原の南側では，前漢時代（206 B.C.～A.D.8）にかけて草地，林地の一部が開墾され，土壌侵食量も増加することとなった（方ほか 2008a: 132-133）。黄土高原地区における漢代の農牧境界線は，山西省中部から陝北黄土高原中部あたりで（市来 1999; 方ほか 2008a: 132），明清期～現在の



図III-2 完新世の黄土高原地区周辺における気候変動と人間社会の変化

(文化編年・時代区分: 岡村 2008, 小林 2014; 農牧業: 岡村 2008, 宮本 2017; 気温変化: He et al. 2004b; 降水量: Liu et al. 2017; 人口: 劉ほか 2012; 層序: Anwar et al. 2017 を基に筆者作成)

農牧境界線である明代の長城よりは南に位置していたと考えられている。当時の農業生産について『周禮』¹¹⁾の記載を参照すると、関中地域と陝北、隴東黄土高原の南側（雍州）ではアワやキビ、雄牛、ウマが、山西省（冀州）ではアワ、キビ、家禽類が主要産物として扱われていたことが確認できる（Bray 1984: 22-23）。

時代が後漢（A.D.25～220）に入ると、気温が徐々に低下し始め、華北一帯では3世紀後半から6世紀後半にかけて気候の寒冷化が起こった（He et al. 2004b）。これにともない上記の農牧境界線も南下したと考えられており、放牧の気候適地となった黄土高原地区では、「五胡」と呼ばれたモンゴル高原やチベット高原東縁を原住地とする遊牧民（匈奴、羯、鮮卑、氐、羌）が次々に王朝を建てて興亡を繰り返す時代（魏晉南北朝時代）を迎える（市来 1999）。黄土高原地区の寒冷化は、黄河下流域の黄淮海平原に比べると著しいものではなかったと推定されるが（He et al. 2004b）、結果として地区の広い範囲が上記遊牧民の国家に統治されることとなった。当時、遊牧民の人口比率は漢族を凌ぐほど高かったとも推定されており、寒冷化が進んだ黄土高原地区では魏晉南北朝時代を通じて牧畜業が主要産業として展開されることになった（市来 1999）。

秦漢期の次にさかんに農業開発が行われるのが、6世紀末～9世紀頃の隋唐期である（史 2001: 392-394）。隋唐期は先述の魏晉南北朝時代に比べて湿潤温暖で、黄土高原地区の北部では引き続き草原が広がり、南部では森林が繁茂したと考えられている（魯ほか 2005）。天下の再統一によって国内が安定すると、戦乱で荒廃した土地に農業を復興すべく、州・県の設置や堡塞の増設、農業開発が進められた（市来 1999; 恵 2014: 160）。この時代、関中・中原地域の農業は、伝統的なアワと、漢代に入って新たに西域から流入したコムギ（冬小麦）の輪作が主で、畜力や人力によって犁耕された（大澤 1996: 91-97）。コムギは既存の主食であったアワやキビの裏作として作付けすることができたことから（Bray 1984）、住民の食糧需要を充足させ、人口増加を許容した。以来、アワ、キビ、コムギの栽培を主軸とする畑作農業は、1930年代に入っても黄土高原地区の広い範囲で主要な地位を維持し続けた（バック 1938）。こうして農業経済の規模は拡大したが、唐代後半以降、政府の土地利用管理が行き届かなくなったこともあって、黄土塬や黄土丘陵での開墾の拡大によって植生破壊が進行し、土壌侵食はさらに増大することとなった（松永 2013: 104; 恵 2014: 160）。

¹¹⁾ 紀元前3世紀半ば～秦の中国統一の時期（戦国時代）に、斉（現在の山東省）で編纂されたのではないかと考えられている（山田 2006）。

3) 宋～明清期の開発拡大と現景観の形成

松永（2013: 104-105）は 1,000 年前頃を境として、さらに土壌侵食が加速したと指摘し、その理由を人為的影響と気候変動の複合的要因によるものと指摘する。

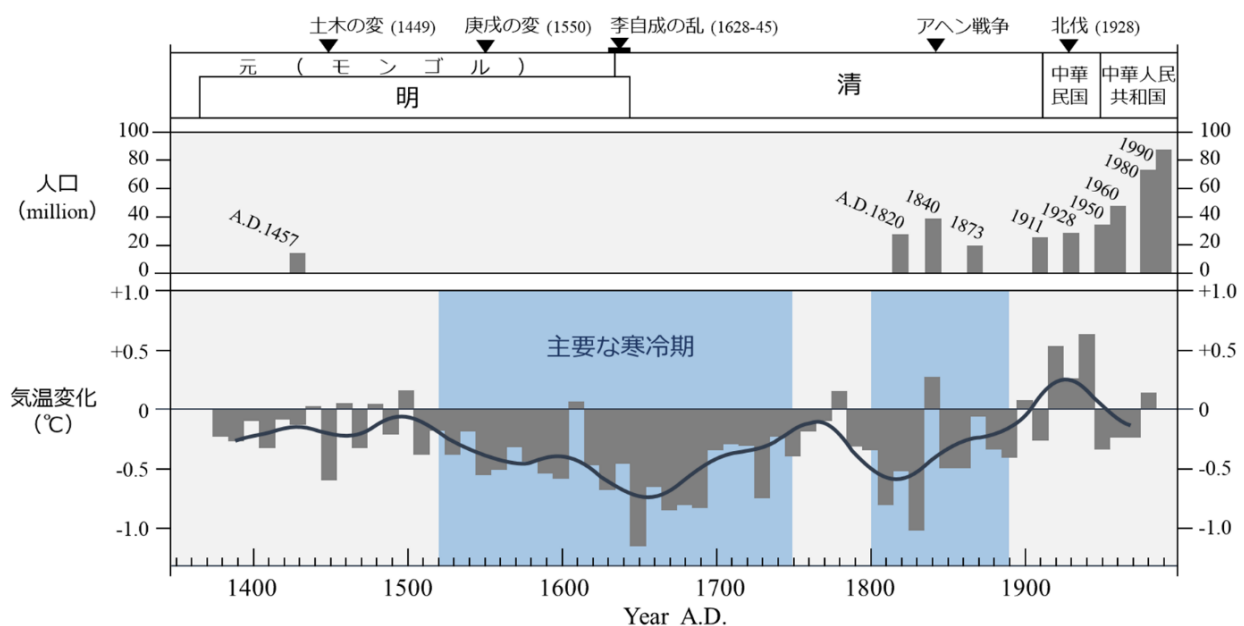
一つは気候の乾燥冷涼化の進行で、地球規模の気候変動によって耐乾性植物の拡大や寒害の発生がみられた。もう一つは傾斜地の開墾である。10～12 世紀の黄土高原地区には、北宋（A.D.960～1127）、山西省北部の大同を陪都としてユーラシア東部の草原地帯を支配した契丹（遼）（A.D.916～1125）、興慶府（現：寧夏回族自治区銀川市）を拠点に黄土高原地区の北西部を治めた西夏（A.D.1038～1227）という 3 か国が接した（古松 2013）。黄土丘陵の保安軍（現：陝西省延安市志丹県）、麟州（現：陝西省榆林市神木県）、鎮戎軍（現：寧夏回族自治区固原市）等は、当時北宋側の国境地帯の街であり、北宋と西夏の樞場（専売場）であった（古松 2013）。しかし、北宋と西夏の間ではうまく盟約が機能しなかったために紛争が絶えず（古松 2013）、陝北黄土高原や隴東黄土高原の一带は両国が対峙する前線として、自然環境や社会状況が大きな影響を受けた（恵 2014: 160）。黄土高原地区南東の陝州（現：河南省三門峽市）でも、対西夏の前線基地として多数の軍隊が駐留していたことが、発掘碑文の解析から明らかになっており、その多くに、災害や戦乱で生じた当該地出身者でない難民や農民が当てられたと考えられている（伊原 2001）。こうした人口の増加によって、黄土高原地区では農耕・放牧による植生破壊が傾斜地まで拡大した。文献史学の成果からは、当時の黄土丘陵では斜面が開墾されていたことが推察されており、黄土丘陵の一部ではすでに段々畑が存在していたと考えられている（松永 2013: 104-106）。

黄土高原地区の陸域生態系は、金朝（A.D.1115～1234）末期から明清期（図Ⅲ-3）にかけて、さらに大きな影響を受けることになる。とくに明清期の気候は、ヒブシサーマル期以降の最も寒冷な時期である「小氷期」に当たり（He et al. 2004b）、同時に乾燥化も進行した（Liu et al. 2017）（図Ⅲ-3）。そのため耐乾性植物の分布域の拡大や寒害の発生が増加したり、長城地帯では砂漠が南に拡大したりした。現在に至る農業景観の形成に最も大きな影響を及ぼしたのがこの時代であると考えられている。

明清期は気候変動に加えて、人口の増加によって、農耕・放牧による植生破壊が黄土丘陵の傾斜地のほぼ全域まで拡大した時代でもある（松永 2013: 104-106）。モンゴル帝国（元朝）を華北から追い出した明朝初期（14 世紀半ば）、陝北黄土高原では朝廷によってモンゴル騎兵防御のための山林保護政策がとられ、神木、榆林、綏徳から延安に至

る長城以南の各州県で林木成長が促進された（恵 2014: 159-162）。しかし明朝中期（15世紀半ば）に入り、モンゴルの勢力が拡大すると¹²⁾、長城地帯を中心に戦略上重要な黄土高原地区の中部、北部一帯では、長城の強化とともに軍事目的の大規模な駐屯が行われた。とくに山西省の大同、偏関、太原、陝西省の榆林や綏徳、寧夏回族自治区の銀川、甘肅省の固原などは「九辺鎮」と呼ばれ、北方防衛体制の中心として、それぞれに数千から数万にも上る騎兵、歩兵が駐留した。その結果、当該地域では人口が急増し、食糧確保のための屯田開発が促進されたことで、水食、風食やそれらによる砂塵嵐、土砂災害、水害が助長された（恵 2014: 159-162）。陝北黄土高原では、万暦年間（A.D.1573～1620）を通じて約 47,000ha にも上る屯田開発が行われた（秦 2016: 40）。

清朝初期になると、陝北黄土高原では開墾による山林伐採と、それによる災害の多発という教訓から、「山地の多くは土地が痩せていて農耕には不向きであり、林業や牧畜生産を進めて行くべきだ」との主張が各地域の「方志」¹³⁾ から散見されるようになる。



図III-3 明清期以降の華北の気温変化と黄土高原地区の人口

（人口：劉ほか 2012，気温：Qian and Zhu 2002 を基に筆者作成）

¹²⁾ 黄土高原地区北東～河北省北部で展開された「土木の変」（A.D.1449）では、オイラト部を中心とするモンゴル軍に明の親征軍が大敗し、正統帝が捕虜となった。また「庚戌の変」（A.D.1550）では、黄土高原地区北部の内モンゴルー帯を治めるモンゴルの実力者、アルタン・ハーンによって、首都・北京が包囲された。

¹³⁾ 省や市、県など特定の地域を範囲として、その地域の政治、産業、気候、地形・地質環境、歴史などの状況を総合的に記録した資料。明代以降、全国的に活発に編纂されるようになった（斉藤まや 2010）。

さらに、ツングース系民族の清は、漢族やモンゴル族を含む征服した他民族を分割統治する政策を実施し、長城を境として北のオルドス高原では漢族による開墾を、南の黄土丘陵ではモンゴル族による放牧を禁止した（恵 2014: 159-161）。これによって延安以南の陝北黄土高原南部では、一時的に植物被覆が回復した場所もみられた（恵 2014: 161）。しかし、延安以北の黄土丘陵の広い範囲では、降水量の減少によって植物被覆の回復は難しく、砂塵による被害が続くこととなった。加えて、康熙帝の時代（A.D.1662～1722）になると禁墾政策自体も緩み始め、オルドスを統治する部族長、ソンラブ（松喇布）によって、漢族との共同耕作が上奏され、これが朝廷に認められると農業開発が長城に向かって一気に北上した。当時、山西省や陝西省北部の黄土高原に居住する農村住民の生活は困窮していたことから、康熙、雍正年間（A.D.1772～1735）以降、漢族による長城地帯や長城以北への移民、開墾は年を追うごとに増加し、陝北黄土高原やオルドス高原では粗放的な開墾の拡大によって表土が露出し、水食、風食やそれらによる自然災害がますます増加するようになった（恵 2014: 159-161）。

さらに西部に位置する甘粛省中部の黄土高原では人口が少なく荒地が多かったことから、これらの土地を開墾することが奨励された。とくに政策によって開山に対する免税措置が採られたため、開墾が促進され、斜面を含めて荒山のほとんどが耕地に改変されることとなった。こうした土地は 18 世紀末以降、内乱や社会的な混乱が続くようになると、住民の流出、避難によって放置されたり、無計画な乱開発が行われたりしたために急速に衰退した。結果として、宋代には断続的に残存していたと考えられる渭河上流域の樹林地は、明清期の農業開発によってそのほとんどが伐採しつくされ、草原の多くも消失したと考えられる（恵 2014: 162）。以上のような気候の乾燥寒冷化と、戦乱および生活の困窮に起因する継続的な開墾の拡大によって、黄土高原地区の広い範囲では自然植生の多くが失われることになったと考えられている（魯ほか 2005）。

清代における作物や家畜の種類についてさらに詳細にみると、黄土高原地区の広い範囲では、引き続きアワ、キビ、コムギを中心とした農業が展開されていたと考えられる。加えて人口圧が高まると、アワ、キビ、コムギが生産できない限界地では、開拓に際してコウリャンが作付けされ、一部でアワ、キビの生産を置き換えた（Bray 1984: 500-504）。これには、燃料や飼料としての利用価値が高い藁を多く生産できたことも作用したと考えられる（Bray 1984: 500-504）。コウリャンの作付面積は、1930 年代初頭には山西省の広い範囲や陝北黄土高原の北東部、甘粛省の一部などで 20%以上を占めて

いた（バック 1938; 藤田 2005）。

また道光年間（A.D.1821～1850）には陝北の長城地帯を中心に、羊中心の牧畜業が発展し、羊毛、羊皮の生産規模は、最も多い安辺県（現：榆林市定辺県南部）では毎年 30～40 万斤（150～200t）、宜川県や延長県では 20 万斤（100t）、少ない県でも 5,000～6,000 斤（2.5～3t）に上った（秦 2001）。これらの加工品は国内外の商人によって大量に売買され、山西省や直隸省（現：河北省）などに運ばれた（秦 2001）。加えて、北に隣接するモンゴルからは、商人によってウマやウシがそれぞれ毎年数千頭の規模で運ばれた（秦 2001）。

2. 近現代における農業・農村問題と自然環境への対応

以上のように 20 世紀初頭までの王朝時代を通じて、人間活動の拡大と陸域生態系の劣化が進行し、それらによって水害や旱魃、農業・農村問題が深刻化した。黄土丘陵を通過した黄河の流送土砂量は、紀元 1 年時点では年 7～8 億 t 程度であったが、1920 年頃には年 15 億 t 程度にまで上昇していた（Ran and Lu 2014）。こうした状況は、農業生産と治水を国家運営の基礎としてきた中国において、孫文、閻錫山、毛沢東、鄧小平ら、その後の中華民国、中華人民共和国の指導者層にも深刻な国家的課題として認識される（平野 2008, 2014; 松永 2013: 118）、近現代を通じて対処法の模索が始動することになる（松永 2013: 111-152）。

陸域生態系を修復、保全し、Ohmori et al. (1995) の示す土地劣化の負のスパイラルを停止させるためには、陸域生態系を劣化させた主要原因である過耕作、過放牧を、何らかのかたちで改革することが求められた。しかし一方で、当時の農村では断続的に食糧不足や飢饉が発生し、耕作、放牧の制限や自然植生への転換といった、農業的土地利用の抜本的改革は、農村地域におけるそれら諸課題の改善を待たなければなかった。結果として、前近代に拡大してきた耕地を緑化する生態系修復は、図Ⅲ-4 に示す一連の流れのなかで、諸政策の集積として実施された「退耕還林」プログラム（1999 年～）によって実現することとなった。以下では先行研究の成果を踏まえ、退耕還林に至る関連諸政策と学術研究の動向について、図Ⅲ-4 に従いその概要を説明したうえで、21 世紀に入り生じている諸課題と、それらの論点を整理する。

1) 民国期の政策的模索と農村の実情

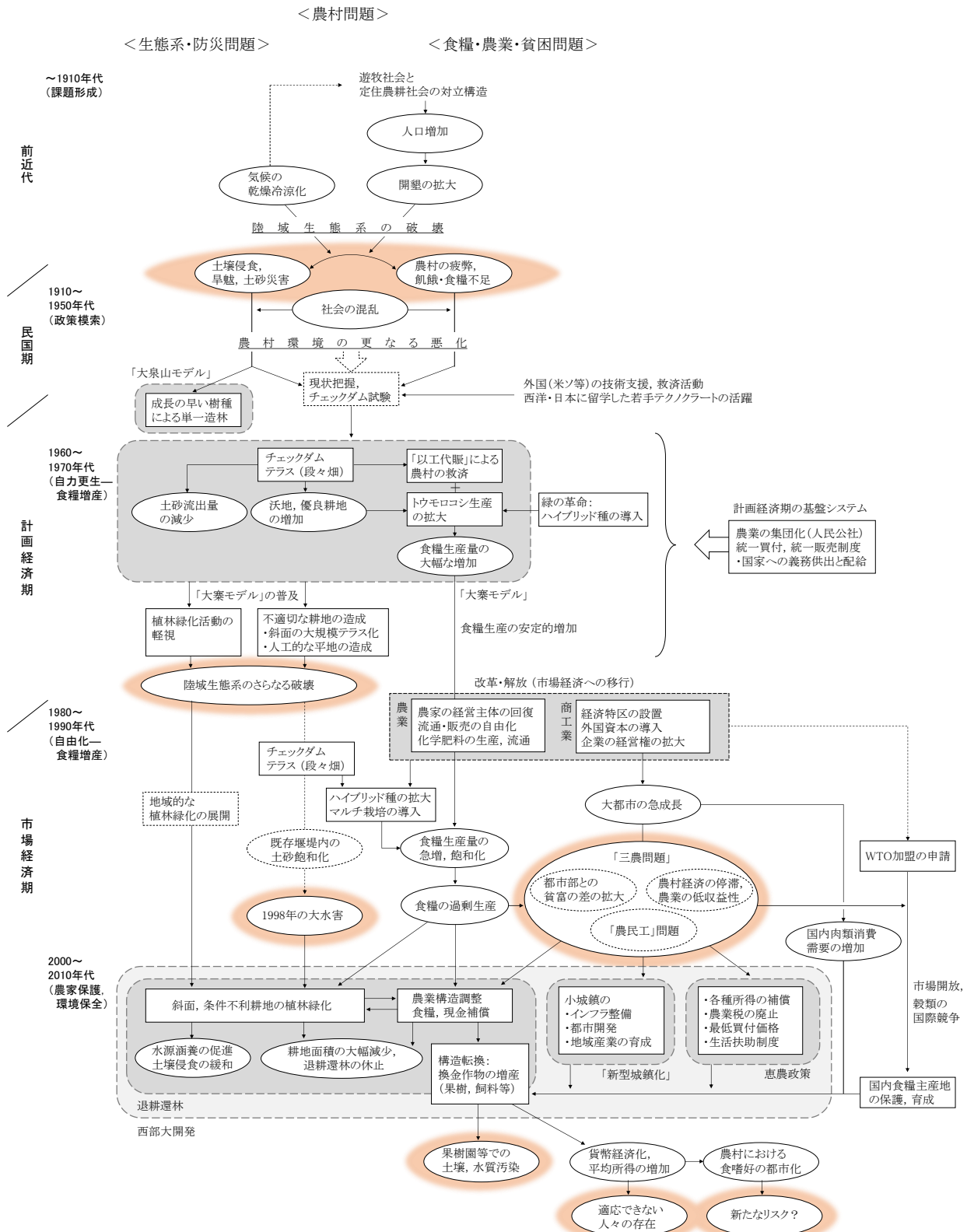
a) 農村環境の現状把握に向けた取り組み

土壌侵食に対する近代科学的対策が始動するのは、中華民国期（以下、民国期）¹⁴⁾（1912～1949 年）である。黄土高原地区では、上述のように清朝末期にはすでに土壌侵食と陸域生態系の破壊による一連の諸課題が顕著になっていた。そのため辛亥革命（1911～1912 年）を主導し、中華民国の建国に貢献した孫文は、1923 年の講演のなかで「近年、どうして水害が年々多くなっているのか？旧時、なぜ水害は少なかったのか？その原因は古来たくさんの森林があったからである。現在、人民の伐採量は多すぎ、伐採後の植林もしていない。」と指摘し、強い危機感を示している（平野 2014）。

その一方で、中華民国の建国当初、黄土高原地区における土壌侵食、土地劣化の全体像や地形発達、景観形成のメカニズムは、全く明らかになっていなかった。中国全土における農業生産の地域的特徴や農村社会の実情も、金陵大学農学院（現：南京林業大学、南京農業大学等）教授であったバック（J. L. Buck）が、ロックフェラー財団の資金によって 1929（民国 18）～1933 年に大規模なフィールド調査を行うまでは、あまり明瞭ではなかったといえる（保柳 1971）。そのため民国期には、農村経済や農業生産の実態を把握するとともに、土壌侵食や森林破壊の規模をフィールド調査や実験区での観測を通じて検証、実証し、データを蓄積することが重要であった。またそのために、対応する部署や教育機関が新設され、人員の育成も図られた。こうした取り組みは、1950 年代の中華人民共和国建国初期まで継続的に行われた（平野 2014; 松永 2013: 118-121）。そして下記で詳述する一連の学術調査や行政運営を通じて、黄河の治水および災害、土壌侵食対策は、黄土高原地区における農林牧畜業と関連付けて検討することが重要だと考えられるようになった（李 2002）。

上記の対応を担った主体の一つは、バックのような欧米から招かれた著名な研究者、実務者であった（平野 2014; 松永 2013: 118-119）。アメリカ人林学者であるラウダーミルク（W. C. Lowdermilk）は、金陵大学農学院での教鞭と並行して、1924（民国 13）～1925 年にかけて陝西省、山西省、河南省等で森林減少と土壌侵食の状況調査を行い（平野 2014）、後述する李儀祉らとともに、実測データに基づいて黄土高原地区の土壌侵食

¹⁴⁾ 孫文が 1912 年 1 月 1 日に中華民国の成立を宣言してから、1949 年の中華人民共和国の成立までをいう。1927 年に国民政府が南京に成立し、2 年後に北伐が完了するまでの軍閥政府期（北洋政府期）と、以後の国民政府期に二分される（河原 2008: 29）。



図III-4 黄土高原地区における土地劣化の全体構造と対策の推移

(王 2010; 池上 2012; 川井 1995a, b; 河原 2008; 菊池 1978; 金 2017; 佐藤 2008, 2012; 朱 2014; 昔陽県大寨地理編写組 1977; 農林水産省大臣官房国際部国際政策課 2011; 平野 2008, 2014; 松永 2013; 向・関 2009; 村上・李 2015; 元木 2013; Ohmori et al. 1995; Ran and Lu 2014; 国家林業局 2015; 樊・胡 2005; 惠 2014; 魯ほか 2005; 黄河水利委員会 2015; 許 2010; 趙 2015 を基に筆者作成)

が人為的に加速しているという説を初めて体系づけた(松永 2013: 118)。1929(民国 18)年に中山大学教授・広東省森林局副局長として招聘されたドイツ人林学者フェンツァル(G. Fentzal)は、1934(民国 23)年に陝西省林務局副局長、新設の国立西北農林専門学校(現: 西北農林科技大学)教授に転任すると、陝西省や山西省において植物被覆と土壤侵食との関係について調査し、森林回復の指揮を執った(平野 2014)。また「黄土」そのものの成因についても、19世紀末以降の国際的なレスへの関心の高まりも影響して実証的研究が進められた。後に「近代地形学の父」と称される、ドイツ人地理学者リヒトホーフェン(F. v. Richthofen)による「黄土」風成説(1877年)の提唱を契機に、1930(民国 30)年にはフランス人地質学・古生物学者でイエズス会司祭・哲学者としても著名なテイヤール(P. Teilhard de Chardin)らによって、上層の黄土と古土壌が第四紀の風成堆積物(レス)とその風化物であると認識されるに至った(成瀬 2014)。とくにリヒトホーフェンの学説は、1820年代に世界各地のレスが学術研究の対象となって以降、これを風成堆積物と主張した初めての本格的研究であり(成瀬 2014)、当該地域の景観形成、気候メカニズムを理解するうえで重要なきっかけの一つとなった。

もう一つの主体は、欧米や日本に留学し、林学や土木工学を専攻した若い中国人テクノクラートたちであった(平野 2014; 松永 2013: 118-119)。清朝末期から民国初頭までドイツに留学した李儀祉(1882~1938年)はその代表である。関中出身の李儀祉は、幼少期より当該地域において数年ごとに襲う旱魃や飢饉、農業施設の荒廃と、それらによって農村住民が家財や土地、人を売らなければならない惨状を目の当たりにしてきた(川井 1995b)。彼は復興を志して帰国すると、治水専門家として上記の招聘外国人顧問官らとともに現地調査を重ねていく(李 2002)。さらに1922(民国 11)年に陝西省水利局長に就任すると(李 2002)、灌漑設備の建設や調査を主導し、1933(民国 22)年には黄河中流域での豪雨と水害を受けて発足した中華民国国民政府・黄河水利委員会の委員長に就任した(松永 2013: 118)。黄河水利委員会はラウダーミルクの観測区を継承するだけでなく、甘粛省や陝西省に新たに実験区を設置して実測データを収集するとともに、フィールド調査や人員育成を行い、黄土高原地区の土壤侵食緩和と植生回復の指導に当たった(平野 2014)。さらに李儀祉は、黄河の流域管理における黄土高原地区の農牧業の重要性を指摘し(李 2002)、関中平原では前近代の用水施設を改修、新設するとともに、黄土丘陵や黄土塬では侵食谷にチェックダム(砂防堰堤)をつくることで黄河に流出する土砂量を減少させる方法を提言した(松永 2013: 118)。また当時の農村経済

は疲弊しており、飢餓や食糧不足に苦しむ住民が多かったことから、被災民に雇用を介して労働賃金や食糧を与えることで、救済と開発、建設を同時並行に進める方法（以工代賑）が用いられた（川井 1995a）。これは、西洋で学んだ測量・設計技術と、伝統的な工事方法および中国人労働者の運用を合わせた、中国適応型の西洋水利土木事業方法であり（川井 1995b）、当該地域の農産物収量と農村人口の増加に貢献した（川井 1995b）。

以上の努力は、その後の中華人民共和国の治世において、チェックダムによる侵食対策と、「以工代賑」方式による土木建設事業を定着させる基盤的取り組みとなった（川井 1995a）。また、黄河水利委員会や西北農林科技大学をはじめとする行政機関、学術研究機関も中華人民共和国に引き継がれ、黄河流域や黄土高原地区の現状把握や諸課題の対処に貢献していった。

b) 農業生産と農村経済の実情

民国期は上記のように、課題解決に向けた一歩が踏み出された重要な時代であった。一方で、1930 年代以前の農村状況は、好転するばかりか農業生産量の減少傾向が顕在化し、各地で飢饉が相次いだ。その理由は、度重なる旱魃、清朝末期以降修理が不十分になっていた水路等の農業設備の荒廃、軍閥統治下におけるケシ栽培の拡大、世界恐慌後の国際的な経済不況といった複合的要因によるものであった（川井 1995b; 河原 2008: 31）。とくに陝西省や甘粛省の黄土高原地区では、1920～1930 年代にかけて、何度も旱魃被害に見舞われた。陝西省ではこの期間に総人口の 11%（約 140 万人）が減少し、被害は 92 県のうち 70 県に及んだ。とりわけ 1928 年 12 月～1929 年 4 月の 5 か月間に、陝西省と甘粛省では合計 23 万人以上が餓死した（菊池 1978）。軍閥間の戦争や、農業に関わる収税方法の不均衡の影響も大きく、陝北黄土高原をはじめとする黄土高原地区の中部、西部ではとくに農家の生活が困窮し、食糧の略奪や密輸も横行した（菊池 1978; 柴ほか 1978: 19）。陝北黄土高原の米脂県や綏徳県では、慢性的な食糧不足に陥っていたため、より湿潤温暖で南に位置する清澗県や延川県から食糧を仕入れることが、当時の農家の重要な副業となった（柴ほか 1978: 19）。

黄土高原地区における当時の農業生産の特徴は、全域的に伝統的なアワ、キビの栽培を主としつつ、中部以南ではコムギ（西部では春小麦、東部では冬小麦を用いた二年三作）が盛んに栽培され（図III-5）、陝北黄土高原の北東部や山西省北部など一部の地域ではコウリャンの生産も盛んにおこなわれた。とくにアワの栽培は、現在の青海省や寧

夏回族自治区北部などの一部地域を除き、地区の広い範囲で 20%以上の高い構成比率を示しており、陝西省や甘肅省などではアワとキビが栽培面積全体の半分近くかそれ以上を占めた（図III-5）。一方で、現在の主要作物であるトウモロコシやイモ類の栽培はわずかであった（図III-5）。図II-9 と比較すると、この 70 年間に、アワ、キビが主要作物の座を失うとともに、コムギの主要栽培地域が南に縮小し、代わってトウモロコシの栽培が西部へ大きく拡大したことがわかる。

黄土高原地区におけるアワ、キビ主体の農業生産は、コムギ生産の展開を除くと、上述した『周禮』で記述される紀元前 3 世紀半ばの生業の空間構造をよく踏襲している（Bray 1984）。特有の起伏に富んだ地形条件によって、陝北黄土高原をはじめとする、交通の便が悪い黄土丘陵や黄土塬の多くの地域では、貨幣経済化の影響は小さく、生産されたアワ、キビ等の穀物が主食として自給的に消費されていた（秦 2001; 張 2008）。清朝末期・光緒年間の 1892 年において、関中平原の渭南県では集市（定期市）の交易が月 568 回に上ったのに対して、陝北黄土高原の洛川県では 1940（民国 30）年の時点で月 47 回、年間 564 回にとどまり、かつ売買される商品も日用品が多かった（秦 2001）。

ただし中国全土に視野を広げると、民国期には鉄道の敷設によって交通運輸が発達し始めるとともに、外国との農産物の貿易が増加し、国内の貨幣経済化が進展した（河原 2008: 31-32）。鉄道は 1931 年までに 14,441km が敷設され、1945 年には 30,190km にまで延伸された（中華民国交通史編纂執行小組 1991: 251-342）。黄土高原地区の場合、陝北黄土高原をはじめ黄土丘陵には敷設されなかったが、包頭以東の河套平原や山西省、河南省、関中平原を含む陝西省、甘肅省の渭河沿岸では、東から順に敷設された（中華民国交通史編纂執行小組 1991: 251-342）。そのため、こうした恩恵に預かることが容易な地域では、農家経済の貨幣経済化が進展し、商品作物生産が増加した。その傾向は零細な自作農ほど顕著で、彼らは生産物の商品化を行い、食糧を自給せずに購入する場合もあった（菊池 1978）。とくに陝西省では零細な自作農の割合が高かったため、上記のような社会状況にある地域では貨幣経済化が進展し、商品作物の栽培が増加した。

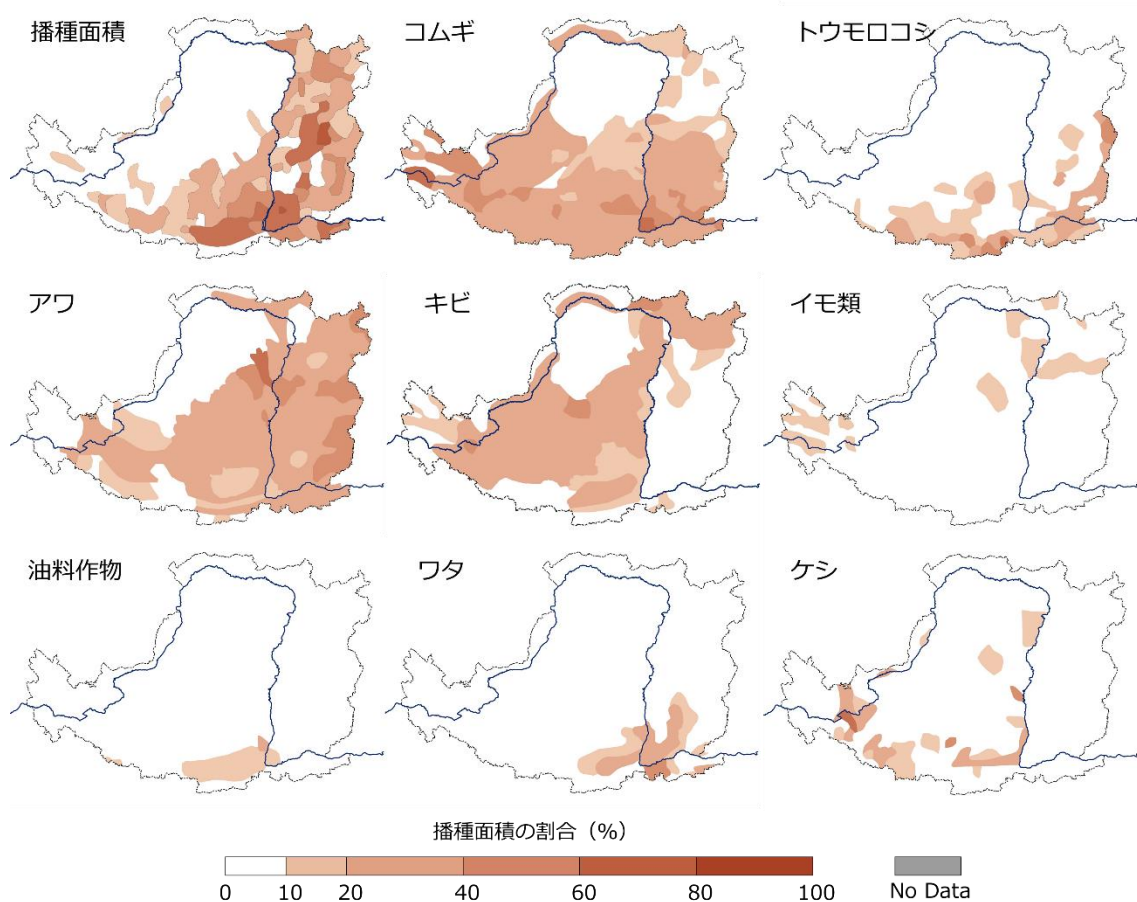
黄土高原地区南東部の関中平原から運城盆地にかけての地域では、棉花が盛んに栽培され、中国屈指の産地となった（図III-5）¹⁵。当時、当該地域で生産される棉花は紡績

¹⁵ 棉花栽培拡大の背景として、安価なワタの安定確保を目指したアメリカによる棉苗の無償頒布、中国各地での日本の紡績工場開設による販路拡大、棉価格の値上がり（菊池 1978）、国民政府期の関税自主権回復と高率関税による国内棉業保護が挙げられる（川井 2012）。

用の原棉として名高く(岡崎 2001), 山西省南部には棉花問屋が多数立地し(藤田 2005), そこから鉄道で天津や漢口へと移出された(岡崎 2001)。各軍閥は利潤の高い棉花栽培を推奨し, 比較的湿潤温暖な当該地域では農家もこれに呼応した(菊池 1978; 劉ほか 1995: 435-436)。また関中と汾河南部の平原・盆地地帯では油料作物であるアブラナやラッカセイの栽培も多く観察された(図III-5)。しかし袁世凱の帝政復活宣言(1915年)以降, 各軍閥の独立傾向が強まると, 山西省の閻錫山政権を除く(藤田 2005), 陝西省や甘肅省の各小軍閥は, 財源確保のために, アヘン原料となるケシの栽培を禁止する「禁烟令」を解除した(菊池 1978)。さらに 1922 年に北洋政府による棉花の海外輸出禁止によってワタの価格が下落し, 販路が縮小したことで, 黄土高原地区の中部や西部ではワタ畑からケシ畑への農業的土地利用の転換が促され(菊池 1978), 関中や甘肅省, 陝北黄土高原の一部地域では広汎にケシ栽培が行われるようになった(図III-5)。とくに陝西省や甘肅省の各小軍閥は, 軍閥間の戦争にかかる軍費をアヘン税とアヘン販売に依存し, ケシ栽培が強要される地域もみられた(菊池 1978)。

こうした地域では, 田賦(土地税)のほかに, ケシ栽培の有無を問わずアヘン税が課された。田賦は土地面積に応じて課されたが, 県や村の収税者には地域の有力者である「郷紳」が任用され, 彼らは自身の所有する土地を荒地と報告して諸税を免れたうえで, さらにケシ栽培を行い蓄財に奔走した(菊池 1978)。治安の悪化や軍事費の増加, 徴税機構の混乱に加えて, 以上のような官吏の中飽や収奪の増加によって, 農業に関わる税負担は零細農家にとってより重いものとなった(川井 2012)。陝西省の田賦は, 形式的には銀 1 錢/1 ムーと定められていたが, 実際には, 地主層が銀 1 錢/3~5 ムー程度であった一方, 零細農家は 1 ムー当たり銀 2 錢以上を納税しなければならず, 場合によっては土地を持たない小作農からも税が徴収された(菊池 1978)。その結果, 困窮した人々の一部は離村し, 集団で略奪を行ったり, アヘンの運送, 販売に介入したりするようになり, かろうじて生活を維持してきた他の農家に対し, さらに圧力を加えるようになった(菊池 1978)。こうして 1910 年代以降, 陝北黄土高原をはじめ, 陝西省や甘肅省の各地では, 飢餓農民による食糧略奪や暴動が多発するようになった(菊池 1978)。また上記のような治安の悪化や政治の混乱によって, 農業・商工業における生産, 流通の発展が阻害された(川井 2012)。土壌侵食の面でも, 当時の黄河の流送土砂量は, 年 10~18 億トンと依然として高い水準のままであった(Ran and Lu 2014)。

以上のように、民国期前期の黄土高原地区では、中央政権の弱体化と権力の失墜によって既存の行政機能が失われ、権限ある地位についていた官僚たちによる権限の私物化と、他の諸要因が重なって社会全体が混乱した（川井 2012）。これは、清朝皇帝という全体の統合者がいなくなった状況下で、軍閥の責任者も地方の官吏も、彼らとの人間関係によって生き延びようとした地主や商工業者も、個々に自己の生存のための最適に近い行動をしたからであった（川井 2012）。しかしそのことが、結果として農村の疲弊化と食糧不足を一層深刻なものとし、とりわけ権力者や有力者から最も遠い、貧しい農家が多く被害を受けることとなった（川井 2012）。ただし、こうした状況は西洋に留学した若手テクノクラートの活躍や救済活動を強く促し、民国期後期における国民政府の統治の広がり、国家統一の進展とともに、チェックダムの開発や土壌侵食、農村社会に関する学術研究の機運を醸成した。その点で民国期は、その後の砂漠化対処の方向性を規定する、大きな分岐点となった。



図III-5 黄土高原地区における主要農産物の播種面積率（1930年代初頭）
（バック 1938 を基に筆者作成）

2) 中華人民共和国・計画経済期の対策と課題

a) 1949 年～1950 年代

中華人民共和国建国後の黄土高原地区の環境対策史を俯瞰すると、(1) 民国期に始動した土壌侵食や土地劣化に関する調査、分析が引き継がれたことと、(2) 一連の土壌侵食対策が、中華民国建国以来の最重要課題であった「食糧不足と農村の飢餓・貧困問題の解決」とのバランスのなかで模索され、実践されてきたこと、の2点が特徴として挙げられる。

まず調査、分析の継続という点では、民国期の土壌侵食の実験ステーションや黄河水利委員会、教育機関などが引き継がれ、さらに発展した。たとえば、1950年代には甘肅省天水専区や慶陽専区、陝西省綏徳県に実験ステーションが建設され、同じ共産主義国家であるソビエト連邦（以下、ソ連）の専門家の助言も得ながら現地調査が重ねられた（松永 2013: 120）。その結果、勾配が急であるほど、斜面が長いほど、ガリの密度が高いほど、土砂の流出が大きくなることが明らかになった（黄河水利委員会治黄研究組編 1989）。また、1953年には政府によって黄土高原地区の農林業や土壌侵食の現状等に対する大規模な現地調査が実施され（松永 2013: 120）、侵食地形の様式等から黄土高原地区の侵食状況が地図化され、全域的、空間的に把握された（黄 1955）。図 II-2b, c はその主たる成果であり、黄土高原地区の現状を理解し、実験ステーションの設置地点や数、土壌侵食対策に関する政策の適用地域を定める際の基礎的情報として現在まで参照されている（松永 2013）。

次に 1950 年代の土壌侵食対策をみてみると、後述するチェックダム（砂防堰堤）は、未だ研究段階にあったことがわかる。黄土高原地区ではこの期間に初歩的なチェックダムの建設が開始されたが、洪水によってチェックダムの破壊が問題となっていた（松永 2013: 117）。一方で、植林緑化が推奨され、山西省陽高県に位置する大泉山がモデル農村となった。1938 年以来、張鳳林、高進才という 2 人の男性は、「魚鱗坑」、「水平溝」という穴、溝と土手を作成する一種のウォーターハーベスティング（齊藤忠臣 2010）によって、降水を有効的に利用し、荒山であった大泉山にポプラなどの樹木を定着させ、土壌侵食を緩和させることに成功した（上田 1999: 117-120）。中華人民共和国が成立すると 2 人は近くの互助組¹⁶ を指導して上記の経験を広め、周囲の山々でも緑化が実施

¹⁶ 計画経済期中国において、農業集団化の第一段階として最初に組織された集団。

されることになり（上田 1999: 117-120）、結果として大泉山村における林地面積は、1949～1959 年の 10 年間で 10 倍近くにまで拡大した（郝・曹 2011）。この成果は毛沢東の知るところとなり、中国北部（華北、西北地域）の土壤侵食問題は解決可能であるとして、1955 年に「看，大泉山変了様子！（見よ，大泉山が変わった様子を）」の一文が全国に発表されると（上田 1999: 117-120）、国家建設に必要な木材資源の確保という目的もあって、黄河流域ではポプラなどの成長の早い樹種による単一造林が展開された（平野 2008）。黄土丘陵の一地域である陝西省榆林市定辺県南部の農村でも、当時造林されたポプラ疎林と「魚鱗坑」を観察することができる（図Ⅲ－6）。こうして 1950 年代は中華人民共和国建国後、造林が最も進められた三つの時期のうちの最初の一つとなった（金 2017）。

毛沢東のイデオロギーについては、ソ連や東欧諸国における社会主義体制の事例と同様に、その自然破壊性が批判される（平野 2008）。一方で「大泉山モデル」のように、彼を含む当時の中央の指導者層は、孫文らと同じく自然災害の抑止と木材資源の確保の両面で陸域生態系の現状に対する強い危機意識を共有し、積極的な森林造成、森林保護を行うべきとの認識を有していたことが、平野（2008）によって明らかにされている。たとえば、「大躍進」が提起された 1 か月後の 1958 年には、中国共産党中央委員会と国務院によって大衆動員による大規模な森林造成や管理、保護の徹底などの指示が出されている（平野 2008）。また、森林政策を指導する林墾部（現在の農業農村部および国家林業局）にはドイツや日本、イギリスへの留学や、実務経験のある多くの知識人が登用され、彼らの知識や技術が建国初期の森林政策に活かされた（平野 2014）。加えて、上



図Ⅲ－6 1950～1960 年代に植栽されたと考えられる黄土丘陵上のポプラ疎林地
（陝西省榆林市定辺県，2014 年 10 月筆者撮影）

述のようにソ連の知識と技術も導入された（平野 2014）。大泉山にもソ連の専門家が視察に訪れており（上田 1999: 117-120），森林資源調査の実施による資源量の把握や過小な木材資源の節約と有効利用のための林産化学技術の発展，効率的な木材伐採・運搬技術の普及等の面で，中国の専門家が直面するニーズを補った（平野 2014）。

農業の面では，まず地主から土地や農業用具を没収し，他の農家に分配する「土地改革」が行われた。さらに 1953 年から第 1 次五か年計画が実施されると，「私有制を社会主義的な公有制に再編することによって段階的に社会主義体制へ移行させる」という「過渡期の総路線」の方針が打ち出され，農業・農村部門では，各個人農家を生産協同に参加させる集団化が行われた（滕 2016）。具体的には上述の「互助組」を手始めに，1954 年からは「初級合作社」が，1955 年末からは「高級合作社」がつくられた。さらに 1958 年には全国の合作社が人民公社に再編され，高級合作社は下部組織として「生産大隊」に組み込まれた。参加農家は全国で 99.1%に上った（滕 2016）。人民公社は農村地域の行政と農業生産協同を一体化させた組織で，空間スケールはおおむね現在の郷，鎮に重なる。土地や生産手段は人民公社の所有とされ，労働報酬制による農作業の共同労働が行われた。同時に人民公社は，政治組織として中国共産党の政策宣伝や治安維持，教育，人事評価等を一括的に担当した（滕 2016; 南 1995）。こうして農業生産と住民生活は，国家に直接管理，統制されることとなった。そして，1950 年代を通じて義務供出と配給制度による農産物の「統購統売」（統一買付・統一販売制度）が完成した（池上 2012）。しかし，重工業化の財源のための集団農業労働と都市部への食糧の徴発（涌井 2008），分配の不平等，農産物価格の極端な低下によって，各農家の勤労意欲は低下した（滕 2016）。その結果，農業の生産性が低下して食糧供給が慢性的に不足し，農家の生活は最低生存維持水準まで押し下げられた（滕 2016）。

b) 1960 年代～1978 年

さらに 1950 年代後半～1960 年代に入り，中ソ対立が深刻化すると，旱魃や「大躍進」（1958～1962 年）の失敗によって，中国全土で 3000 万人が餓死したと考えられる深刻な食糧難と飢饉が問題となった（涌井 2008）。とりわけ黄土高原地区を含む中国西部内陸地域の死亡率は高く，甘肅省や青海省では総人口の 4%以上が死亡した（涌井 2008）。また同時期には，黄河本流に建設された三門峡ダムの堆砂問題が顕在化し，上流の黄土丘陵で土砂流出量を抑制することが求められるようになった（松永 2013: 117）。以上の

ような状況下で、民国期に始まったチェックダムの技術的試行が、1960年代に一定の完成をみると、上記諸課題の改善に対処できるチェックダム建設に注目が集まった（松永 2013: 117）。

こうして、当該期間の土壌侵食対策は、農業・農村問題とのバランスを鑑み、技術的に完成したチェックダムやテラス（段々畑）といった土木工学的な治水対策を基礎として（松永 2013: 119-123）、さらに造成された新たな優良耕地に収穫率の高いトウモロコシを生産することで食糧増産を実現する方法が採られた（昔陽県大寨地理編写組 1977: 286）。各地の方志の記述からも、1960～1970年代に入り、上記の理由でトウモロコシ栽培が急速に拡大したことを知ることができる（たとえば、白銀市地方誌編纂委員会編 1999: 322; 定辺県誌編纂委員会編 2003: 144; 天水市地方誌編纂委員会編 2004: 935; 呉旗県地方誌編纂委員会編 1991: 219）。また大泉山の事例を発見して報告書を提出した人物が政治的に失脚すると、上記のチェックダムとトウモロコシ栽培による対処法への注目と相まって、これまでの緑化活動は軽視されるようになった（上田 1999: 117-120）。松永（2013: 134）は、上記の対策が採用された背景として、（１）開墾による食糧増産が重要で社会のニーズに適していたこと、（２）そのために緑化によって耕地面積を減少させることが難しかったこと、（３）当時は化学肥料が少なく、水分や養分を土壌中に留めることによって増産を図るアプローチが歓迎されたこと、の３点を挙げている。

この一連の方法は、1960～70年代における中国の農業・農村政策の基本方針である、「農業学大寨」（農業は大寨に学べ）運動と強く関連している（定辺県誌編纂委員会編 2003: 144）。「大寨」は、黄土高原地区・山西省東部に位置する昔陽県大寨公社に属した生産大隊の一つであった。大寨生産大隊の地勢は、「7割がくぼ地、3割が嶺地、すべてが傾斜地」といわれる条件不利地域で、貧しい山村であったが、穀物生産の水準を民国期の 1.1t/ha から 8.2t/ha（1971年）にまで引き上げることに成功し、人民公社の模範とされた（日中経済協会 1974: 11; 村上・李 2015）。その方法は、侵食谷にチェックダムを建設して土砂の流出を防ぐとともに、貯水池と用水路によって灌漑を可能にし、谷や斜面には石垣を築いてテラスを構築することであった（日中経済協会 1974: 11）。とくにチェックダム等によって沃地が増加したことで、生産性に優れるものの多くの水資源を必要とするトウモロコシを、生産できるようになった。そのためトウモロコシの作付面積は年々拡大し、1949年の 208 ムー（糧食作付面積の 23.7%）から、1958年には 2.06 倍に上る 429 ムー（同 65.9%）にまで増加した（昔陽県大寨地理編写組 1977: 254-257）。

「大寨モデル」は、1964年、『人民日報』に大寨での活動レポート「大寨之路」（大寨の道）と、社説「用革命精神建設山区的好榜樣」（革命的精神をもって模範的農村を建設する）が発表されたことを契機として、全国的にも知られるようになった。これを受けて毛沢東は、国民に向けて大寨の精神を学習せよと呼びかけ、以降1960～1970年代を通じて「農業は大寨に学べ」運動が展開され（村上・李 2015）、「大寨モデル」は1971年から開始される第4次五か年計画における農村建設の綱領としての性格も付与された（日中経済協会 1974: 11）。しかし、大寨モデルについては、普及の過程で食糧増産が一面的に強調されたことで、山地にテラス（段々畑）や人工的な平地が次々と作られ、耕地造成のための不適切な地形改変が進行することになった（村上・李 2015）。また上述のように、各地で展開されていた植林緑化活動も、「農業は大寨に学べ」運動のなかで軽視されていった。こうして「大寨モデル」は、一時的な食糧増産に貢献した一方、結果として生態系を破壊することに結びついた（村上・李 2015）。

3) 「改革・開放」後の成果と課題

a) 食糧事情の改善と「三農問題」の顕在化

「改革・開放」（1978年12月～）とは、経済「改革」と対外「開放」を意味するスローガンで、これまでの計画経済システムを改めて市場経済システムを導入するものであり、現在の中国政府の基本方針にもなっている。この改革・開放は、食糧増産のために始まったとも言える（プロマーコンサルティング 2013）。具体的には、農業生産請負制の導入によって、人民公社と食糧統一販売・統一買付制度が解体され、各農家に農業経営が戻されるとともに、農産物流通の面でも義務供出後の市場への販売が認められるなど、段階的に自由化が進められた（池上 2012）。行政機構上も、旧人民公社の空間範囲が郷、鎮となり、国家行政組織の最末端として郷、鎮人民政府と党委員会が設置された。旧生産大隊の空間範囲には、住民自治組織として村民委員会（行政村）が設けられることとなった（南 1995）。

また、チェックダムの建設熱が再燃し、1983年には国家發展改革委員会によって「水土保持治溝骨干工程」が開始され、黄土高原では1999年までに1,118基のチェックダムが建設された（松永 2013: 117）。これによって、土砂流出量は大きく減少した（Ran and Lu 2014）。

さらに 1980 年代末になると、ハイブリッド品種の開発やマルチ栽培の導入といった技術革新によって、中国各地でトウモロコシ、コムギの生産量が急速に増加した（肖・王 1999）。加えて大都市圏での肉食文化の浸透によって、飼料作物の需要が増加し、1980～1990 年代を通じてトウモロコシの用途が食用から飼料用へと変化していった（You et al. 2011）。この間、黄土高原地区では、多くの地域で継続的にトウモロコシ播種面積の割合が増加し、アワやキビをはじめとする雑穀類の生産が減少した（図 III-7）。黄土高原地区南東部でも、1985 年に棉花の統一買付制度が廃止されると（池上 2012: 43-44）、民国期に拡大して以来、計画経済期を通じて農産物播種面積の 10～20%程度を維持していたワタ畑が急速に縮小し、トウモロコシやコムギの栽培地等へと変化した¹⁷⁾。以上の結果、1990 年代には食糧生産量が各地で大幅に伸長した（プロマーコンサルティング 2013）。食糧事情に加えて所得水準も増加し、トウモロコシは食糧、飼料、所得への貢献を通じて、農村住民の生活に重要な役割を果たすようになった（Meng et al. 2006）。

しかし 1990 年代後半に入ると中国の食糧生産は過剰生産となって価格が低迷し、農家は所得の伸び悩みに直面することになった（プロマーコンサルティング 2013）。当時の中国では、農村経済が伸び悩む一方、東部沿岸の大都市圏を中心とする都市経済は、経済特区の設置や外国資本の積極的な導入、企業の経営権の拡大等によって加速度的な高度成長を享受した。結果、都市部と農村部との貧富の差がさらに拡大し、黄土高原地区を含む西部内陸地域では、農村経済の低迷、農業の低収益性、大都市への出稼ぎ労働者「農民工」の大量発生といった、いわゆる「三農問題」が顕在化した。

また、夏作のトウモロコシと冬作のコムギという組み合わせは、水資源の少ない地域では長く続かず、黄土高原地区の中部を中心にコムギ播種面積の縮小を招いた。その理由は二つあると考えられる。

一つは作物の生理学的特徴である。とくにトウモロコシの水資源消費量は多く、アワの 2.2 倍、キビの 4.3 倍にも上る（韓・黄 1993）。降水量の限られた中国北部の多くの地域では、トウモロコシ栽培が耐乾性に優れたアワやキビから本格的に置き換えられたために、水資源消費量が増大し、地下水位の低下を招いた（Liu et al. 2010）。黄土高原地区

¹⁷⁾ 陝西省渭南市、西安市、河南省三門峽市、山西省運城市の場合。各年次「陝西統計年鑑」、
「三門峽統計年鑑」、「山西統計年鑑」と、「陝西省渭南地区農業統計資料：1949-1980」、
「陝西省西安市農業統計資料：1949-1980」、「建国三十年河南省農業統計資料：1949-1979・
第六冊：洛陽地区」、「2000-2011 年 山西統計調査」、「輝煌運城 60 年」の掲載値から確認した。

でも水資源の制約から、トウモロコシとコムギの二毛作が困難な地域を中心に、より収量や収益性の高いトウモロコシの一毛作化が進行した（図III-7）。

もう一つは政策的影響である。1990年代の中国では、世界貿易機関（WTO）への加盟を控えて、穀物市場が国際競争にさらされるリスクに直面した。そこで打ち出されたのが国際競争力強化のための国内主産地の保護、育成策であり、国内主産地に該当しない条件不利生産地は既存の価格保護対象から外されることとなった（池上 2012: 131-135; 河原 2016）。黄土高原地区では、ほとんどの地域が非主産地となったことを受け、黄土高原地区の西部や北部の春小麦地域を中心に、1990年代以降コムギ播種面積の割合が大きく減少することとなった（河原 2014）（図III-7）。

土砂流出量の緩和という点でも、計画経済期に建設されたチェックダムの多くで、堰堤内の土砂堆積量が飽和状態となり、黄土塬や黄土丘陵から黄河に流入する土砂量が徐々に増加するようになるなど、新たな対策が求められるようになった（Ran and Lu 2014; 許 2010）。

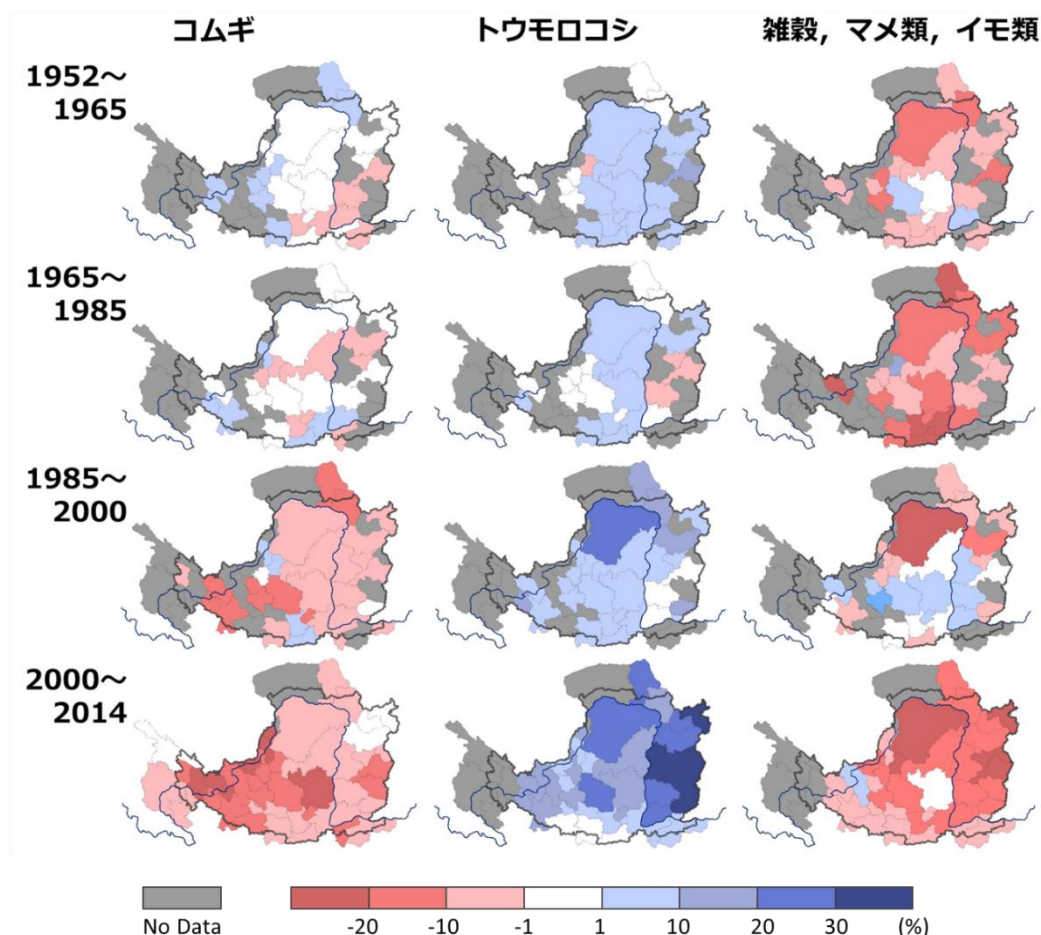
b) 「退耕還林」の始動と「三農問題」への対応

以上の社会状況のなか、1998年夏に黄河や長江などで大規模な洪水と土砂災害が発生した。これを受けて当時の江沢民指導部は、当該水害の主要原因を、河川上流域の森林減少と、それによる土壌侵食防止機能の喪失にあると断定した（平野 2008）。そして政府は、森林伐採をとまなう開墾や林地利用を速やかに停止させるとともに、1999年からは陝西省、甘肅省、四川省のモデル地域において、植林によって耕地を林地に転換することで、土壌侵食の緩和と水源涵養の促進を実現しようとする国家政策「退耕還林」を開始し、2002年以降全国で実施した（佐藤ほか 2012; 平野 2008）。実施に際しては、大泉山モデルで用いられた「魚鱗坑」、「水平溝」が傾斜地に作成された（齊藤忠臣 2010）。その結果、黄土丘陵から黄河に流出する土砂量は激減し、対応して植物活性が高まった（許 2010; 信ほか 2009）。黄土高原地区の広い範囲でも、水源涵養が促進され、砂塵が固定されるとともに、植栽された苗木の成長にともなって、炭素の固定化も進んだと指摘されている（国家林業局 2015）（図III-8）。

退耕還林では、条件不利地域農村における地域経済の活性化と農村住民の所得向上および貧困層の削減を実現することで、生態環境を改善しようとした（大島 2006）。そのため、経済発展から取り残される西部内陸地域の経済開発を推進する「西部大開発」

政策（2000 年～）の主要プロジェクトの一つとしても位置付けられ（北川 2008），西部大開発では「山川秀美な西北地区の創造」が求められるなど（平野 2008），自然環境の回復と農村における生活状況の改善の両立的達成が重要視された（侯ほか 2009）。

たとえば，退耕還林による農業の構造調整の一環としてのビニルハウス（以下，ハウス）の建設推進が挙げられる。陝北黄土高原では冬季の気温が氷点下にまで低下するた

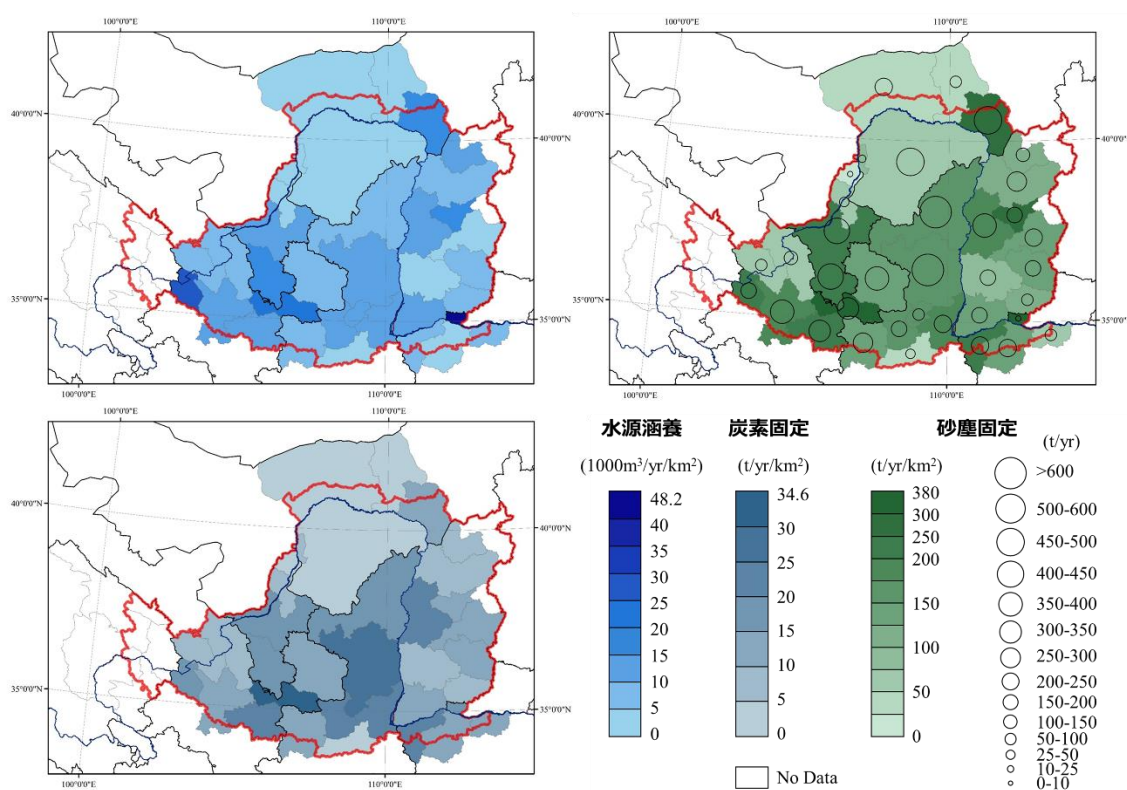


図III-7 黄土高原地区におけるトウモロコシ，コムギ，雑穀・マメ類・イモ類の播種面積率の変化（1952～2014 年）

（「山西統計年鑑 1986, 1996, 2006, 2015」，「忻州統計年鑑 2015」，「太原建設成就：国民経済和社会發展統計資料：1949-1990」，「運城地区建国四十年統計資料」，「2001-2011 年山西統計調査」，「晋中四十年」，「臨汾統計年鑑 2015」，「晋城統計年鑑 2015」，「陝西農村經濟調查五十年」，「西安歴史統計資料」，「陝西区域統計年鑑 2015」，「咸陽統計年鑑 2001, 2015」，「宝鶏統計年鑑 2015」，「延安統計年鑑 2014」，「榆林統計年鑑 2014」，「呼和浩特統計資料 1949-1996」，「呼和浩特統計年鑑 2015」，「鄂爾多斯統計年鑑 2015」，「伊克昭盟統計年鑑 2001」，「寧夏統計年鑑 2001, 2015」，「銀川統計年鑑 2015」，「寧夏南部山区統計叢編 固原地区卷：1949-1992」，「寧夏南部山区統計叢編 塩池県卷：1949-1992」，「寧夏南部山区統計叢編 同心県卷：1949-1992」，「寧夏農村統計資料彙編：1949-1997」，「甘肅統計資料 1985」，「甘肅農村年鑑 2001」，「甘肅省慶陽地区国民経済和社会發展統計資料彙編：1949-1985」，「青海統計年鑑 2001, 2015」，「鄭州市国民経済和社会發展統計公報 2000, 2015」，「三門峽統計年鑑 2001, 2015」，「洛陽統計年鑑 2001, 2015」，「建国三十年河南省農業統計資料：1949-1979」より筆者作成）

め伝統的な農業は春に播種する露地畑での一期作であったが、ハウスの導入によって冬季の野菜栽培が可能になるため（梁ほか 2008）、収入が大幅に増加している例がみられる（向・関 2009; 佐藤ほか 2012）。加えて斜面耕地を中心に林地へと転換されたため、斜面耕地に多く栽培されていたアワやキビ等の雑穀類は、これを機にさらに栽培面積が縮小し、トウモロコシの割合がさらに増加した（図III-7）。また、野菜やジャガイモ等の栽培比率も増加していった。

植林実施者には生活上の補助も支給された。黄土高原地区では当初、1年間に1ムー（15分の1ha）当たり200斤（100kg）の穀物と、20元／1ムーの生活費が補助され¹⁸⁾。2007年以降、穀物補助は年間70元／ムーの現金支給に改定された¹⁹⁾。補助期間は、生態林（環境保護林）では8年、経済林（果樹などの現金作物の植林地）では5年という年限が定められた（石田 2010）。退耕還林による耕地の緑化、農業構造の転換、植林実



図III-8 黄土高原地区における退耕還林による植生回復の効果

（国家林業局 2015 より筆者作成）

¹⁸ 「退耕還林還草の実験的事業をさらに進歩させるための若干意見」（国発[2000]24号）：2000年9月10日公布。（正式名称：關於進一步做好退耕還林還草試點工作的若干意見）

¹⁹ 「退耕還林政策の改善に関する通知」（国発[2007]25号）：2007年8月9日公布。（正式名称：國務院關於完善退耕還林政策的通知）

施者への食糧の補助は、政府にとって余剰食糧と条件不利地域の耕地を整理するという意義もあった（池上 2012: 131-135; 元木 2013: 167-169）。またこれを機に食生活が変化し、コムギ食やコメ食が拡大している地域もみられる（何 2009）。

さらに、2000 年以降の農村政策は、自由化から農家保護へと大きく転換され、「三農問題」の解決を見据えて様々な対策が打たれることとなった。その一つが「恵農政策」と呼ばれる一連の農家保護政策である。まず税制改革として、2000～2006 年にかけて農業税やその他の農業関連税が段階的に撤廃された（農林水産省大臣官房国際部国際政策課 2011: 7）。また上記と同期間には、穀物栽培農家への直接補助や優良品種の補助、農業機械や関連する資材購入の補助などが設けられ、農家所得を補償するようになった。貧困対策としては、農村最低生活保障制度（低保）という、日本の生活保護に該当する社会救済制度が設けられた（朱 2014）。低保は民政部（日本の旧厚生省に相当）が主管し、2007 年現在、全国 97%の県で実施されており（王 2010）、2000 年代後半以降の政策改善等によって、現在では農村部を含む全国の困窮者を包摂する制度となっている（朱 2014）。

2011 年頃からは、出稼ぎ労働者問題の解決を目的とした「新型城镇化」政策も本格化している（劉 2014）。これは、農村に位置する小規模な街である「县城鎮」、「小城鎮」に対し、インフラ整備や都市開発、地域産業の育成を行うことで、農村部の第二次、第三次産業雇用を創出し、農村地域の所得水準を向上させるとともに、小城鎮を近隣農村出身の出稼ぎ労働者の受け皿にすることで、大都市の過密化や都市公害の緩和を実現しようとしたものである（劉 2014）。近年、黄土高原地区の小城鎮でも市街地の拡大が進んでいる。

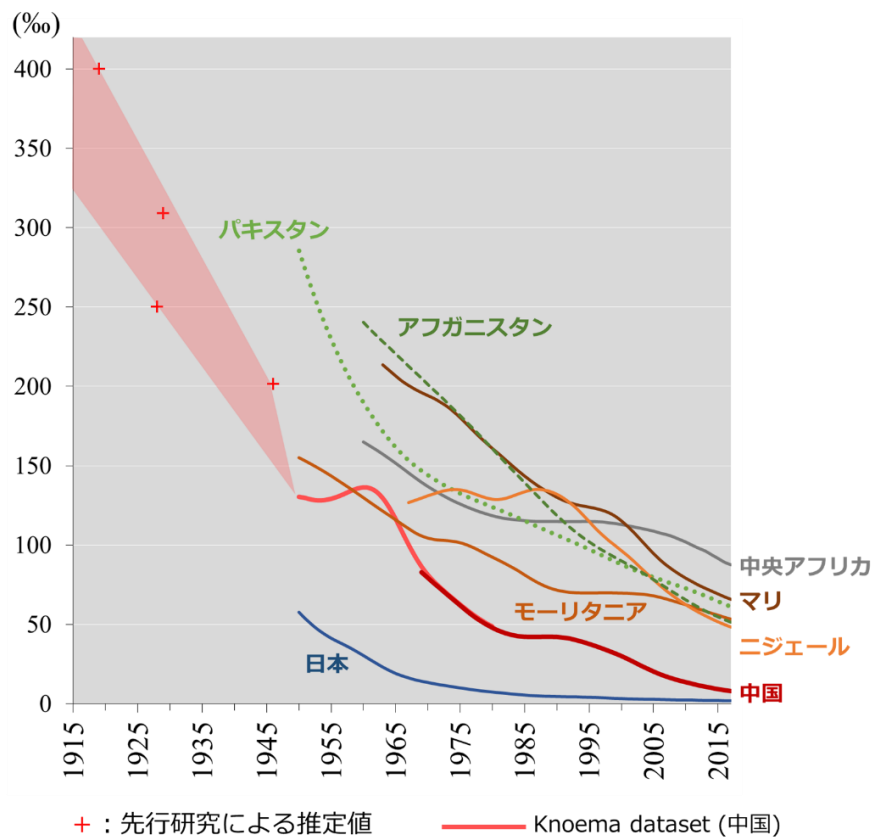
以上のような一連の諸政策によって、2000 年以降、黄土高原地区の多くの行政区では、農村住民の所得水準が大幅に増加した。その規模は、2014 年までの 14 年間に、陝北黄土高原の榆林市で 9.2 倍、延安市で 6.8 倍に上る（表Ⅲ－1）。山西省や甘肅省、寧夏回族自治区でも、同期間に 4.0～4.9 倍の増加みられる（表Ⅲ－1）。加えて、この間、一人当たりの穀物生産量も 365kg から 591kg へと増加した（Buckingham and Hanson 2015）。食糧事情の改善は、中国の乳児死亡率も大きく減少させた。図Ⅲ－9 は国連児童基金（UNICEF）が公表している国別の乳児死亡率（IMR: Infant Mortality Rate, ‰）の推移に、中国の先行研究の結果を合わせて示したものである。一般に現代社会では、社会インフラの整備や医療技術の進歩にともない、乳児死亡率はどの国でも低下傾向にある

が、中国では飢餓・食糧不足が深刻化した 1950 年代半ばから 1960 年代半ばにかけて IMR が上昇している。1960 年代 半ば以前、中国の IMR はサヘル諸国や他の乾燥気候

表III－1 農村住民の一人当たり可処分所得とその変化(2000 年, 2014 年)

	農村住民の一人当たり可処分所得(元)		可処分所得の差(倍)
	2000年	2014年	2000～2014年
陝西省	1,470	7,932	5.4
陝北黄土高原			
延安市	1,444	9,779	6.8
榆林市	1,062	9,730	9.2
山西省	1,906	8,809	4.6
甘肅省	1,429	5,736	4.0
寧夏回族自治区	1,724	8,410	4.9

(「陝西統計年鑑 2001, 2015」, 「延安統計年鑑 2000, 2014」, 「榆林統計年鑑 2000, 2014」, 「山西統計年鑑 2001, 2015」, 「甘肅改革開放 30 年」, 「甘肅統計年鑑 2015」, 「寧夏統計年鑑 2001, 2015」より筆者作成)



図III－9 中国と他国の乳児死亡率(IMR)の推移(1915～2017 年)

(UNICEF Infant Mortality Rate 2018, Knoema dataset, 米・蔣 1996 より筆者作成)

の発展途上国と同程度の水準であったが、その後の食糧事情の改善にともなって、現在では先進諸国に近い水準にまで低下した（図III-9）。この結果からも、上述の諸政策によって、他の乾燥気候地域とは異なる社会環境が形成されたことがわかる。死亡率が低下すると人口が増加するため、乾燥気候地域では食糧生産によって土地劣化の圧力が増加しやすい。中国はこのジレンマを、トウモロコシ栽培の拡大によって解消したのである。

こうして、黄土高原地区における陸域生態系の修復と農村住民の飢餓・食糧不足の改善は、過去約 100 年間にわたる試行錯誤の末に、ようやく一応の完成を見た。とくに、本研究が対象とする陝北黄土高原は、前近代においては定住農耕社会にとっての国境地帯に位置しており、気候乾燥化と軍事目的の人口増加が著しい土地劣化を導いた。民国期においては、小軍閥に分かれた地域統治構造が住民生活と陸域生態系の改善の障害となって貧困・飢餓問題をさらに顕在化させ、土地劣化の規模は黄土高原地区のなかで最も深刻なものとなった。一方で、国民政府や中華人民共和国の治世下で、諸課題の解決が模索されるようになると、当該地域はその最前線と位置づけられ、現在では黄土高原地区でも植生の回復状況、農村住民の所得水準が相対的に高い地域となっている。さらに住民の所得水準の向上が植生の回復に有効に作用し、土地劣化の負のスパイラルを停止することに貢献した。

その方法は主として、（１）トウモロコシ栽培を中心とする新たな農業的土地利用の展開によって、単位面積当たり収量を向上させ、耕地の緑化を実行可能にすること、（２）穀物生産量の飽和後はその用途を需要が伸びていた飼料用に転換するとともに、果樹や野菜をはじめとする商品作物の栽培を推進して所得水準を引き上げる、というものであった。

3. 今後の課題

1) 残された課題

以上のように、1920 年代～現在に行われた一連の試行錯誤によって、黄土高原地区の陸域生態系、農村経済、住民の食糧事情は大きく改善した。しかし近年、生態的、社会的に新たな問題が顕在化している。

たとえば自然環境の面では、退耕還林の実施過程で本来森林化する必要のない耕地への植林や、成長の早い外来種の優先的な導入がなされた（平野 2014）。そのため、降水量の少ない黄土丘陵を中心に、水欠乏による先枯れや、含水率の低い土壌層の形成が指摘されている（原ほか 2008; 吉川ほか 2004: 203-204）。また、森林の成長にともなって今後、水資源消費量のさらなる増加が想定されており（山中 2018）、かつII章で述べたように、降水量が減少傾向にあることから（劉ほか 2017）、植林地のモニタリングと適切な管理が、引き続き求められている（山中 2018）。

社会経済の面では、政策にうまく適応できない貧困世帯や村落の存在が各地で報告されている。退耕還林を指揮する国家林業局の研究者らは、補助終了後の 2012 年からの 1 年間で、全国の退耕還林実施地域では荒地の開墾が 5 倍になったり、植林された経済林が耕地に再転用されたりするケースがみられる²⁰⁾ として、これらを防止するためにも今後は実施農家に対する補助の延長が必要ではないかとの見解を示している（謝ほか 2015）。また、退耕還林条例には、退耕還林の補助終了後の植樹の管理法について明確な規定がないことも課題として挙げられており（謝ほか 2015）、地域状況を踏まえた法制上の課題は依然として多い。加えて、植生の回復を名目とした「生態移民」の名のもとに、上記のような貧しい農村住民を、半強制的に移住させたことも、社会的、経済的に大きな問題であると指摘されている（平野 2014）。生態移民は、黄土丘陵の中部、西部や内モンゴル自治区において、自然環境の保護と貧困層の削減を目的に、退耕還林と並行して実施された（佐藤ほか 2012; 巴・小長谷 2012）。しかし実際には、貧困な農村住民ほど貯蓄がなく、かつ畑作や放牧の経験しかないため、新しい環境、異なる生業に適応することが困難で、場合によっては移住後に更なる経済的困窮を強いられる可能性が高い（巴 2007）。なかには、移民住宅がすぐに利用できる状態でなく、追加の投資が可能な経済状態の良い少数の農家と外来の都市住民しか入居できなかったケースや（巴・小長谷 2012）、移民によって住民間の結びつき、地域コミュニティが弱体化したケースも報告されている（蘇 2012）。

²⁰⁾ 「退耕還林工程社会経済効益観測」にて報告されている。全国 21 省、黄河流域では陝西省など 48 県 58 行政村 580 世帯、長江流域では四川省など 52 県 61 行政村 576 世帯に対して実施された（謝ほか 2015）。

2) 顕在化する新たな課題

a) 農業生産と水質・土壌汚染

新たな課題としては、まず黄土高原地区を含む黄河中上流域の水質汚染が挙げられる。2010 年には中国政府が水質汚染を抑制するための通知を、担当省庁を横断して発布し²¹⁾、汚染の最も深刻な地域の一つとして当該流域に注目している²²⁾。

水利部²³⁾ 黄河水利委員会が設置する黄河流域のモニタリングサイトでは、上流から下流に至る各地で様々な物質の汚染が観測され、その実態が徐々に浮き彫りになっている（図III－10）（黄河水利委員会 2015）。なかには、流域の農業・農村環境の変容に起因すると考えられるものも含まれる。たとえば、黄河流域のアンモニア態窒素の濃度は1990 年代以降急激に上昇しており（Chen et al. 2004）、その原因として人口増加、耕地への施肥量の増加、家畜頭数の変化、経済成長による産業の発展などの影響が強く示唆されている（Chen et al. 2004）。2005～2012 年の平均値をみると、黄河流域の中でもとりわけ中上流域で高い状態にあることが米国の民間研究所の報告によって明らかにされている（図III－10）（Gassert et al. 2013）。

上記の窒素汚染について、陝北黄土高原では、近年フィールドでの土壌状態や農家の施肥方法の調査から、リンゴ産業の発展による影響が顕在化している（樊・胡 2005; 胡ほか 2017; 張・白 2017; 趙 2015; 趙ほか 2017）。たとえば、リンゴ園に対する窒素肥料の施与量はリンゴの窒素要求量の3 倍近くにも上り、土壌中の硝酸塩の蓄積が深刻になっている（趙 2015）。そのため樊・胡（2005）は、果樹作、とくにリンゴ産業は、当該地域が果樹の成育に適した自然環境を有しているために急速に発展し、地域の経済発展を促進させてきたと評価する一方で、これまで生態系や自然環境に対する影響が重視されずに、急速に拡大されてきたと指摘する。そして、リンゴ園の拡大が施肥量を増加させた背景として、果樹園の土壌肥沃度が低い一方で、果樹農家の施肥方法が伝統的な方

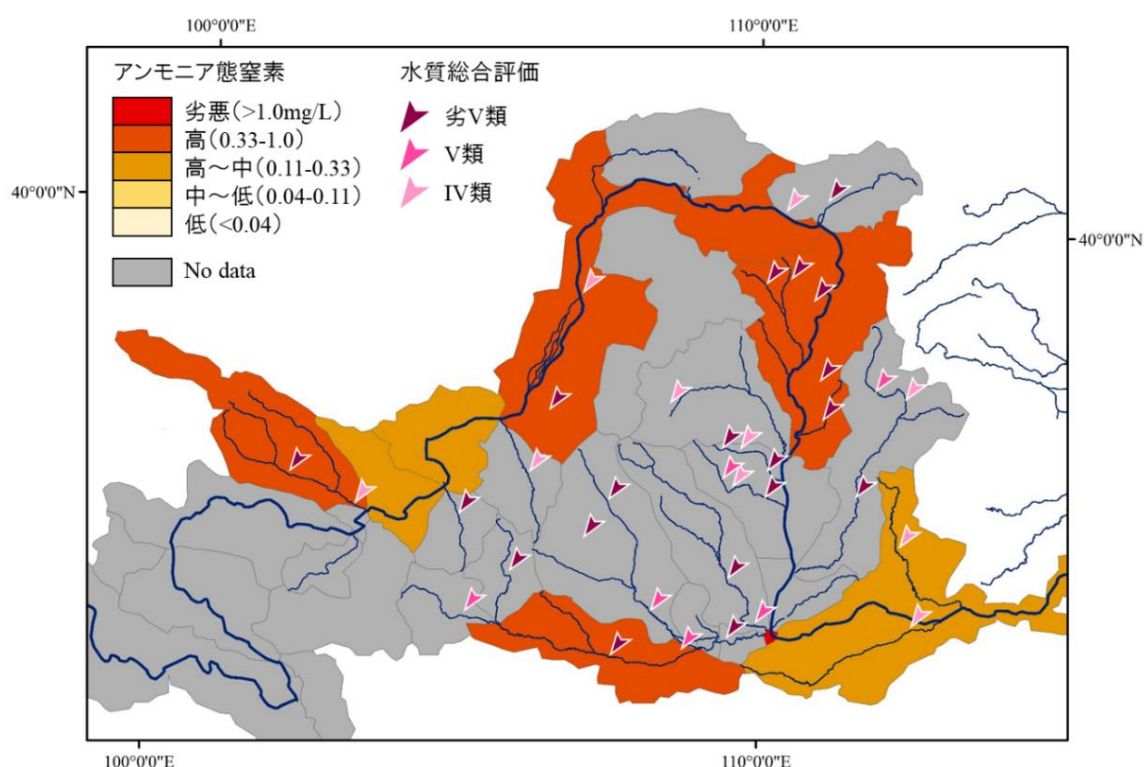
²¹⁾ 中華人民共和国環境保護部、国家発展・改革委員会、工業・信息化部、住房・城郷建設部、水利部、農業部が発布した、「《重点流域水污染防治“十二五”規劃編制大綱》的通知」による（環弁 [2010] 160 号）。

²²⁾ 2010 年 11 月 《黄河中上流域水污染防治“十二五” 規劃編制大綱》

²³⁾ 日本の中央省庁に該当し、中央人民政府である中華人民共和国国務院に属する。河川や地下水、水力発電所、農業灌漑など、治水、利水、水文環境に関わる業務を管轄し、傘下の長江や黄河、珠江といった大河川の水利委員会では、各流域における水質や河川環境のモニタリングを実施している。

法から変わっておらず、かつ窒素投入の削減を支援する技術も不十分であるという生産地の環境および生産者側の課題と、市場がより大きな果実を偏好しているという消費者側の課題が挙げられている（胡ほか 2017; 趙ほか 2017）。加えて、当該地域で生産されたリンゴについては、農薬による環境負荷も指摘されている。たとえば殺菌剤成分のカルベンダジム（ $C_9H_9N_3O_2$ ）や殺虫剤成分のジクロロボス（ $C_4H_7Cl_2O_4P$ ）等で、環境基準を超過した残留農薬汚染の事例が報告されている（梁ほか 2007）。そのため 2015 年には農業部²⁴）によって、2020 年までに全国で化学肥料と農薬の使用量の増加をゼロに抑制する目標が示された²⁵）。そして、上述のように、陝北黄土高原のようなリンゴ栽培が盛んな地域では、病虫害被害を低減させ、農薬使用量を削減させるための技術的試行も始まっている（陝西省果業管理局 2015）。

過度な施与や残留農薬によって水質、土壌、食品が汚染されると、地域住民や消費者



図III－10 黄河中上流域の水質状況

（黄河水利委員会 2015, Gassert et al. 2013 より筆者作成）

²⁴ 日本の中央省庁に当たり、中央人民政府である中華人民共和国国務院に属する。2018 年 3 月に農業部は廃止され、農業農村部が新設された。

²⁵ 中華人民共和国農業部が發布した、「《到 2020 年化肥使用量零増長行動方案》和《到 2020 年農薬使用量零増長行動方案》的通知」による（農農発 [2015] 2 号）。

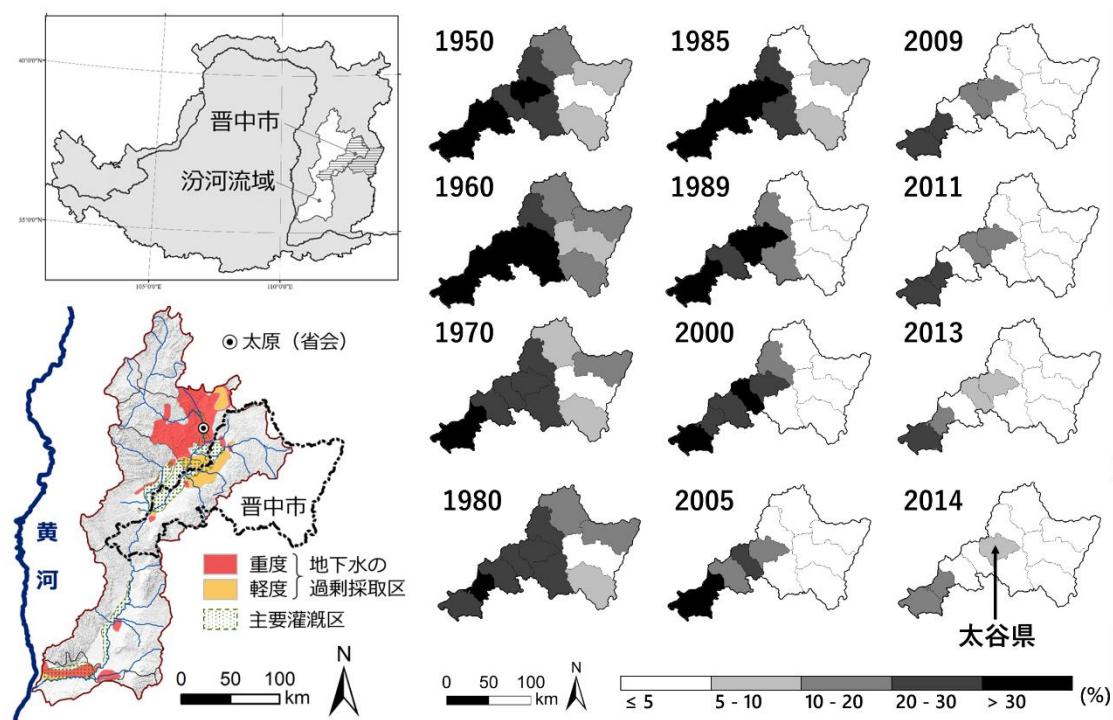
の健康リスクが高まるほか、富栄養化や土壌・水質の酸性化等によって生物の生息が阻害され、流域の漁業収入が減少し、飲料水の処理コストが増大する可能性も想定される。そのため、化学肥料や農薬の使用量の傾向とそれらを制御する農業生産上の要因に注目し、施与量を改善した化学的負荷の小さい栽培を実現することが喫緊に求められている（趙 2015）。

b) 農業生産と水不足

また、上述のようにトウモロコシの栽培地を中心に水不足が顕在化している。トウモロコシはアワ、キビに比べて2倍以上の水資源を消費するため、乾燥気候のトウモロコシ・冬小麦の二毛作地域では、裏作であるコムギ栽培地が縮小している（Liu et al. 2010; Yang et al. 2015）。また、中国の農業生産に対するシミュレーション結果の一つは、気候変動の影響がなかったとしても、社会経済の発展にともなう水資源への需要の増加や、農業生産による蒸散量の増加によって（Cao et al. 2015）、黄河流域を含む全国各地でコムギやコムギの生産量が10%以上減少するだろうと予測している（Wang et al. 2017）。

黄土高原地区の東に近接し、中国最大の穀倉地帯である黄淮海平原では、夏作がアワやキビからトウモロコシになって以降、トウモロコシと冬小麦の二年三作が続けられてきた。当該地域ではコムギの栽培地が縮小しており、そのメカニズムに対する分析が進んでいる。その結果、地下水利用の85%を農業が占めていること（Xu et al. 2005）、水文条件の悪化が主に降水量の減少と灌漑農業による地下水の過剰利用に起因することが明らかになっている（Liu et al. 2010; 近藤ほか 2001）。加えて、トウモロコシとコムギを合わせた水資源の総消費量が、地域に存在する水資源量の2倍以上に上ることや（盖ほか 2010）、作物栽培の費用便益の観点から（Xu et al. 2005）、今後も雨量の少ない冬季のコムギ栽培を止め、トウモロコシの一毛作へと農業生産を切り替えることが、水資源の持続的な利用に有効であるとの提案が複数なされている（Shen et al. 2013; Xu et al. 2005）。実際に、地下水位の低下が著しい地域は、コムギ栽培が放棄され一毛作化が進んだ場所とおおむね一致している（Uchida 2005）。

黄土高原地区東部に位置する山西省の太原盆地では、水資源が限られているために、農業灌漑にともなう地下水の過剰採取地が拡大している（図III-11）。同時に2000年代以降コムギ播種面積率が急激に低下し、かつその影響が盆地の北部から南部へと拡大している（図III-11）。実際に現地では、水資源が不足しているためコムギ生産量が低く、



図III-11 汾河流域の地下水過剰採取区と晋中市のコムギ播種面積率の推移

(『汾河流域地図集』(西安地図出版社, 2012 年発行), 「晋中四十年」, 「2000-2011 年山西統計調査」, 「山西統計年鑑 2012-2015」を基に筆者作成)

栽培を止めたという意見が聞かれる。以下は、晋中市太谷県侯城郷の一行政村で筆者が行った聞き取り調査で得られた意見である。なお当該行政村では、181 世帯が 496 ムーでトウモロコシを栽培している一方、コムギは 4 世帯 3.9 ムー、雑穀は 1 世帯 1.2 ムーである²⁶⁾。

・世帯 A (70 歳代男性, 2015 年 9 月実施)

コムギは 10 数年前から栽培していない。その理由は気候が良くなく、水が少ないため、生産量を確保できないからだ。以前は冬小麦を主に生産して国に供出していたが、現在はトウモロコシの栽培が主だ。トウモロコシは 350 斤/1 ムーほど生産し、近くの飼料会社(下記)に 1~1.5 元/斤で売る。

²⁶⁾ 当該行政村の「2015 年上半・年村務公開公布欄」による。

・世帯 B（50 歳代女性，2015 年 9 月実施）

水が少なく，コムギ栽培に対する投資が見合わなくなったので，10 数年前にコムギを育てなくなった。現在はトウモロコシを育てている。250 斤/ムーほど生産し，飼料会社に 1.09 元/斤で売る。そのため，小麦粉を村の売店や県城のスーパー等を買っている。

・飼料会社 品質管理部長（40 歳代男性，2015 年 9 月実施）

トウモロコシ飼料は太谷県の各郷鎮から買っている。農家が自ら持ってくる。農家から買い取る価格は 1.02 元/斤と決まっており，品質の差によって上下することはない。主な顧客は山西省中部の養豚農家や養鶏農家だ。当社では，加えてコムギを河北省から買っており，それを太谷県などのスーパーマーケットへ流している。

加えて，より乾燥した黄土高原地区北西部の寧夏平原では，現在の灌漑システムが塩類の溶脱に有利に働いており，塩分ストレスによって作物収量の 6%以上が減少していると指摘されている（Xu et al. 2013）。以上のように，沖積平原に広がる黄土高原地区の各灌漑農業地帯や周辺の穀倉地帯では，水資源の面で農業生産上の課題が顕在化している。

IV 農業生産構造の転換が化学肥料・農薬使用量の増加に及ぼした影響

1. 背景

1) 化学肥料・農薬と農業生産構造

中国でリンゴ栽培が急速に拡大してきたのは 1990 年代以降で、なかでも陝北黄土高原において盛んである。とくに 1999 年に始まる退耕還林や、2000 年に始まる西部大開発等によって、農業生産構造の転換が目指されてきた影響が大きい。政府の統計情報から算出すると、延安市の場合、農産物播種面積に対する果樹園面積の規模は、1965 年にはわずか 0.8%に過ぎず、1985 年時点でも 4.1%程度であったが、1995 年には 38.1%に増加し、さらに 2005 年には 87.7%、2014 年には 118.2%を占めるまでに急増した。当該地域ではこの多くでリンゴ栽培が行われている。この間、黄土高原地区では過耕作、過放牧による土地劣化を緩和するため、斜面耕地等を植林、緑化するとともに、土地を管理する農村住民の生活水準向上を目指した経済支援も並行して行われた（大島 2006; 佐藤ほか 2012）。リンゴ栽培は陝北黄土高原の南部諸県では退耕還林以前からも栽培されていたが（佐藤ほか 2012）、当該地域では高い商品価値を持つため「経済林」としてさらに導入され（石田 2010; 鬼木ほか 2007）、栽培面積は 2000 年代を通じて急速に拡大し、農村住民の重要な収入源となった地域も散見される（飯塚 2005）。

II章やIII章でも述べたように、黄河中上流域では、退耕還林の実施期間を通じて農村住民の平均所得が急増するとともに、大規模な緑化によって土砂の流出量が減少し、砂塵が固定され、水源涵養が促進されてきたことが明らかになっている。そのため、以上を理由に、退耕還林は自然環境の保全と農村経済の両立に効果的な役割を果たしたと一定の評価がなされている。しかし、上述のような環境負荷の現状を踏まえると、一連の砂漠化対処および農村振興策と、それらによる農村経済および農業生産構造の転換が、新たな地域環境問題に結びついている可能性も推察される。

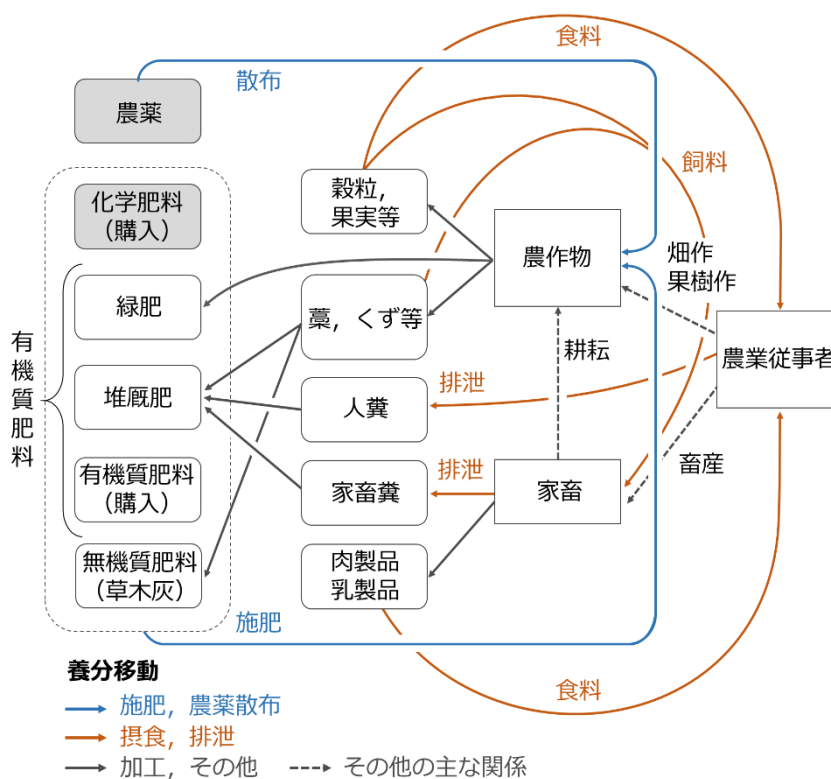
その点、1990 年代以降の農業生産の変化は、陝北黄土高原南部におけるリンゴ栽培の拡大だけではない。さまざまな世帯や村落でも、伝統的な生業経済が変容を余儀なくされ、雑穀類等の栽培シェアが縮小し、トウモロコシ等のシェアが拡大したと報告されている（鬼木ほか 2007; 佐藤ほか 2008, 2012; 向・関 2009）。そして上記のような農業

の変化もまた、化学肥料や農薬の使用量に影響を及ぼす可能性のある因子といえる。

たとえば、野菜栽培は退耕還林による農業生産の構造転換、農村振興の一環として、陝北黄土高原の各地で導入されている（佐藤ほか 2008; 向・関 2009; 原ほか 2017）。野菜栽培の拡大は、中国東部沿岸の都市近郊地域や長江下流域では施肥量増加と水質汚染の主な原因と指摘されていることから²⁵⁾、当該地域でも同様の可能性が懸念される。

また、「中国農書」を対象とした農業史研究や、黄土高原各地の農村世帯に対するフィールド調査の結果をレビューすると、土壌肥沃度の向上や除草などは、化学肥料や農薬を使わずとも伝統的な生業がある程度担ってきたことがみてとれる。

たとえば陝北黄土高原では、ウシやロバ、ヤギなど有蹄類の家畜が多く飼育され、伝統的に家畜糞を肥料として利用してきた世帯の様子が報告されている（柴ほか 1987; 縄田 2008）（図IV-1）。他にも、中国農業には収穫した穀類の茎葉から藁をつくり、上記の家畜糞と合わせて腐敗発酵させることで「踏糞（*tha fen*）」という厩肥をつくる在来知も知られる（Bray 1984: 292）。踏糞は中国北部の主肥料として（西山 1969: 116-118）、原料を大きく変化させることなく何世紀にもわたって製造されてきた（市村 2010）。マメ



図IV-1 農牧業を取りまく資源循環フロー
（市村 2010; 縄田 2008; Bray 1984 を基に筆者作成）

科やキク科、イネ科などの場合には、茎葉を直接土に犁き込んだり、混植したりすることで、土壌肥沃度の向上が可能で（市村 2010）、中国では「緑肥（lǜ fēi）」²⁷⁾ といって、伝統的に用いられてきたことが知られる（Bray 1984: 293）（図IV-1）。

加えて農書には「中耕・除草」と呼ばれる、表土を攪拌して易耕性を高め、肥料を掘り入れ、作物を間引き、雑草を除去する農法が記されている。とくに中国北部の乾燥地農業では土壌水分を保存するうえでも重要であったことから（Bray 1984: 298-307）、1940年代初頭の陝北黄土高原ではアワやキビ、コムギ、マメ類、ジャガイモなど様々な作物に対して行われていたことがわかっている（柴ほか 1987）。また地力を維持、改良する方法としては輪作や間作も挙げられる。先行研究や各行政区の方志には、さまざまな輪作、間作システムの事例が示されている（たとえば、安ほか 2008; 佐藤ほか 2008; 呉旗県地方誌編纂委員会編 1991: 232-233; 延安市誌編纂委員会編 1994: 190-191; 榆林市誌編纂委員会編 1996: 174）。

2) 問題の所在

以上のように、当該地域で生産されてきた作物の一部は、作物間の相互作用や、栄養循環を通じた有機的な結びつきを活かして栽培されてきたと考えられる。そのため、化学肥料や農薬の施与量増加は、従来、土壌肥沃度の向上や雑草、病虫害の抑制等に貢献してきた地域資源の利用が縮小することによっても促進される可能性がある。換言すれば、化学肥料や農薬の施与に対する各作物、家畜の影響度は、それらへの直接的な施与水準の状況と、施与抑制効果との総合的な結果として評価されなければならないのである。

こうした点を踏まえ、化学生態学では、除草剤の使用を排除もしくは最小限にした持続可能な雑草管理システムを構築するべく、世界各地でアレロパシー²⁷⁾が強い作物の探索やアレロケミカル（他感物質）の同定作業が進められている（Jabran et al. 2015）。また中国国内でも、植物栄養学、土壌学、肥料学等を通じて、化学肥料の施与量増加要因

²⁷⁾ アレロパシー（Allelopathy）とは、植物が体外に放出する化学物質が、他の生物個体に対して阻害的、促進的な何らかの作用を起こす現象のことで、他感作用とも呼ばれる（藤井・濱野 2003）。また、他感作用をもたらす物質は他感物質（アレロケミカル: Allelochemical）と呼ばれ、そのほとんどは植物体内に特異に含まれる二次代謝物質である（藤井 2009）。

と土壌・水質汚染の改善策を検討すべく、有機質肥料の特性や主要作物の成育に関する各種データの蓄積が進められている（たとえば、李書田ほか 2017; 劉・李 2017; 王ほか 2006）。

つまり、地域における施与量の増加や施与密度の高さといった諸課題に対し、それらの原因を解明するためには、原因を規定する農業生産構造を包括的に理解し、かつその施与水準が自然環境上、農業生産上適切であるのかを具体的に検討することが求められる。しかし黄土高原では、上述のようにリンゴ生産の課題が大きく取り上げられているものの、農業生産構造と化学肥料や農薬の使用量との関係を地域全体で体系的、定量的に捉えた研究は少ない。

3) 目的

そこで本章では陝北黄土高原を対象に、個々の農産物の栽培面積、家畜排泄量のなかから化学肥料、農薬の施与に寄与する因子を抽出し、その構造と程度を定式化することを目的とする。これにより、対象地域において化学肥料や農薬が多量に施与されている農作物の特徴や、藁、緑肥、家畜糞などの副産物を供給し、化学肥料、農薬使用の抑制に効果的に作用してきた地域農業生産の構造的特徴を包括的に把握することが可能になる。

当該地域における農業生産の構造転換は、退耕還林や西部大開発といった環境保護政策、総合地域支援策によって導かれてきた側面が強い。そのため畑作、果樹作、家畜飼育の変化にともなう化学肥料、農薬使用量の増加構造を明らかにすることは、上記のような地域政策上の課題点を具現化することにも繋がる。すなわち本章における結果は、これまで土壌侵食、農村経済、食糧生産の3つを軸に考えられてきた当該地域のマネジメントにおいて、化学肥料や農薬の施与からみた新たな環境影響評価軸を提起し、地域の農牧業のあり方を検討する際の新たな指針の一つになると考える。

本章では、退耕還林や西部大開発による支援が集中的に実施された 2000 年代前半を含む 1996～2009 年を対象とした。上述のように陝北黄土高原は退耕還林のモデル地域で、黄土高原の生態系や農村経済に関する多くの研究が蓄積されており、農村経済の動向が植生の回復に効果的に作用してきたと評価されている（Li et al. 2017）。ゆえに、上記目的を達成するための地域、期間として最適と判断した。

2. 方法および研究資料

分析には、延安統計年鑑、榆林統計年鑑（1996～2009 年）の掲載値を用いた。まず区県ごとに化学肥料、農薬使用量を把握し、総面積当たりの使用密度を算出した。本研究では、結果を流域への環境負荷の低減に活かすことを見据えて、総面積当たりの使用密度とした。また、使用密度を規定する農業生産活動とその程度を明らかにすべく、それぞれの作物の播種面積、果樹園面積、家畜頭羽数を把握し、年度ごとに総面積当たりの面積率、および世帯当たり家畜頭羽数を算出した。作物、果樹、家畜の区分は統計年鑑に従ったが、「コウリヤン」は栽培面積が限られるため、「その他の雑穀」²⁸⁾に合算した。

「油料作物」²⁹⁾、「繊維作物（麻類）」、「糖料作物」については、中国で用いられる使用目的ベースの区分であり、生育特性や栽培方法が大きく異なることから、合算値ではなく、作物ごとの値が記されたもののみ採用した。そのうえで、変数の候補となる作物栽培に関しては、各々の地域性、年度差を把握したうえで、農作物播種面積と果樹園面積の合計値（以下、総栽培面積）当たりの栽培面積の割合が、いずれかの区県で1割以上を構成する主要作物、果樹を選抜した。その結果、トウモロコシ、コムギ、アワ・キビ、その他の雑穀、ダイズ、その他のマメ類³⁰⁾、イモ類、ヒマワリ、アマ、タバコ、野菜、青刈飼料と、リンゴ、ナシ、ナツメ、アンズが該当した。家畜の区分は、ウシ、ウマ・ラバ・ロバ、ヤギ、ヒツジ、ブタ、家禽類である。

家畜の影響度については後述する各家畜の一個体当たり年間排泄量を参照して、家畜ごとに、世帯当たり頭羽数から世帯当たり年間排泄量（以下、排泄量）を算出、モデルに投入した。これにより家畜頭羽数および家畜の種類による排泄量の差を踏まえた比較が可能になる。主要作物の栽培面積、各家畜の排泄量をそれぞれ標準化した後、ステップワイズ法（変数増減法）を用いて、（1）化学肥料の使用密度を被説明変数、農作物播種面積率、果樹園面積率、各家畜の排泄量を説明変数とする重回帰モデルと、（2）

²⁸⁾ トウモロコシ、コムギ、イネ、アワ、キビ、コウリヤン、マメ類、イモ類を除く穀物で、ソバやエンバク、オオムギなどが含まれる。青刈りの牧草を除く。

²⁹⁾ 国家統計局（2013）の定義によると、「油料作物」には、ラッカセイ、ヒマワリ、ゴマ、アマ、アブラナ等が含まれる。穀物として集計されるダイズや、オリーブ、ツバキをはじめとする木本植物、野生の植物は含まれない。

³⁰⁾ 穀物として集計されているマメ科植物で、かつダイズ以外のものを指し、緑豆や紅小豆などが該当する。上記の通り、ラッカセイは油料作物として集計されているため含まれない。

農薬の使用密度を被説明変数とし、農産物播種面積率と果樹園面積率を説明変数とする重回帰モデルをそれぞれ作成し、使用密度の地域間、年度間の差を説明する因子を抽出した。なお有意水準は 5%とした。当該方法により、化学肥料と農薬の使用密度を説明する最も有意な変数の組み合わせを統計的に選択することが可能になる。本研究では陝北黄土高原全土を対象としたモデルと、使用密度の伸びが著しい、榆林市の化学肥料、延安市の化学肥料、農薬使用密度を説明するモデルを作成した。

モデル作成では、多重共線性を測定するため VIF (Variance Inflation Factor) を算出し、値が 4.0 を超える場合には該当する変数をモデルから除外し、再度モデルの作成を試みた。加えて、各モデルに対して Durbin-Watson (DW) 検定を行い、誤差項に自己相関があるかを確認した。具体的には、検定により算出される統計量 DW と、Savin and White (1977) の提案した標本数と説明変数から算出される臨界値の上限 (D_U)、下限 (D_L) とを比較した。その結果、すべての化学肥料使用モデルと陝北黄土高原の農薬使用モデルでは優位水準 5%、延安市の農薬使用モデルでは優位水準 1%の上限値と下限値で、それぞれ $D_U \leq DW \leq 4-D_U$ となり、系列相関がない（相関係数 $\rho=0$ を受容する）ことを確認した³¹⁾。

3. 肥料、農薬に関する作物、家畜排泄物の化学的特性

本分析で採用する農作物については、成育特性に関する各種データが、中国農業科学院を中心とする研究チーム等によって蓄積されてきている。加えて、家畜の種類ごとの排泄量、排泄物の養分含有率等についても、実証研究や統計データから徐々に明らかになっている。

まず作物・果樹が成育するために必要な養分要求量（以下、平均推奨養分量）を表IV-1に示す。これによると、リンゴが窒素 (N)、リン酸 (P_2O_5)、カリウム (K_2O) のいずれでも、他の作物に比べて、最も多くの養分を必要とする作物であることがわかる。一方で、同じ果樹でもナツメの平均推奨養分量はどの栄養素も比較的小さい。リンゴの

³¹⁾ 陝北黄土高原全域の化学肥料、農薬使用モデル (5%優位点) : $D_U=1.89$, $D_L=1.76$, 延安市の化学肥料使用モデル (5%優位点) : $D_U=1.82$, $D_L=1.68$, 農薬使用モデル (1%優位点) : $D_U=1.74$, $D_L=1.58$, 榆林市の化学肥料使用モデル : $D_U=1.86$, $D_L=1.64$ 。

ほかに、肥料三要素のすべてで高い値を示す作物としては、野菜が挙げられる。また窒素ではイネ科穀物やジャガイモ、ヒマワリ、リン酸ではアワやナシ、カリウムではタバコなどの作物も、より多くの栄養素を必要とすることがわかる。

作物から得られる茎葉は、上述のように緑肥としての用途が知られる。そこで表IV-2に、作物ごとの農生産物に対する茎葉の重量比と、茎葉に含まれる養分の傾向を示す。表IV-2からは、たとえばジャガイモや野菜では肥料三要素の含有率が全体的に高いことがわかる。またヒマワリはリン酸とカリウムの含有率が高く、オオムギ等の雑穀類はカリウムの含有率が高い傾向にある（表IV-2）。

表IV-3には、これまでに実験によって明らかにされたアレロパシーによる雑草抑制効果の例を示す。当該地域で盛んに栽培されているコムギ、コウリヤン、アワ、ヒマワリ等では、植物体から分泌されるアレロケミカルによって20～80%程度の雑草抑制効果

表IV-1 主要作物の平均推奨養分量

作物	標本数	平均推奨養分量(kg/ha)		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
トウモロコシ	573	158	52	68
コムギ	315	165	84	74
アワ	8	166	145	93
コウリヤン	8	271	118	136
ソバ	5	122	80	81
エンバク	7	168	91	61
ジャガイモ	201	172	101	131
ダイズ	138	70	89	96
ヒマワリ	120	190	106	104
アマ	7	77	56	39
タバコ	17	80	69	220
野菜	438	290	175	237
リンゴ	24	575	318	587
ナシ	4	180	275	168
ナツメ	5	116	75	34

(李書田ほか (2017), 李家康ほか (2001a, b) を基に筆者作成)

がみられる（表IV-3）。コウリャンやアワに限らず、イネ科の雑穀類の多くが高い雑草抑制効果を示すことも明らかになっている（Fujii 2001; Narwal and Haouala 2013）。タバコについても、リョクトウやコムギ等の植物の成育に対して抑制効果を及ぼす事例が報告されている（Bark et al. 2017）。加えて、地域の伝統的な主食であるアワは、雑草抑制効果だけでなく、高いストレス耐性や病虫害抵抗性、中国北部の気候環境への適応性を示す（Li and Wu 1996）。

次に茎葉とともに有機質肥料の重要な原料である家畜糞の特徴を表IV-4に示す。これによると、家畜の排泄物に含まれる窒素とリン酸の含有率は、ブタが最も低い。また有蹄類では、養分含有率は大型のウシ等に比べて、ヒツジ・ヤギが高くなる傾向にあり、その差は窒素で2.7～2.9倍、リン酸で2.8倍に上る。家禽類の排泄物も高い養分含有率を示すが、一個体の排泄量はヒツジ・ヤギの3.3%にも満たない。年間排泄量は体の大きさに応じて多くなり、役用牛が一頭当たり平均10,100kgであるのに対して、ロバ・ラバは5,000kg、ヒツジ・ヤギは800kg程度である。

表IV-2 作物茎葉の質量比と平均養分含有率

作物	農産物に 対する茎葉 の質量比	茎葉内の平均養分含有率(%)		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
トウモロコシ	1.29	0.89	0.11	0.99
コムギ	1.10	0.54	0.09	1.16
アワ	1.35	0.58	0.10	1.59
コウリャン	1.75	1.20	0.15	1.37
オオムギ	1.32	0.51	0.13	2.35
他の穀類	1.21	0.56	0.12	2.25
ジャガイモ	0.70	2.35	0.49	2.76
ダイズ	1.63	0.89	0.09	0.64
ヒマワリ	1.92	0.81	0.34	4.25
アマ	2.03	1.13	0.07	1.20
タバコ	1.04	1.30	0.15	1.66
野菜	0.10	3.06	0.38	2.99

（劉・李（2017）を基に筆者作成）

表IV-3 アレロパシー作物の雑草抑制効果

作物	品種	抑制された雑草種	抑制率 (%)	文献
コムギ	Vinjett	<i>Lolium perenne</i>	—	a
	Rohtas 90			
	V6007			
	Pak 81			
	AS 2000			
	V7189			
	Bhakkar 2002	<i>Avena fatua</i>	42 ~ 83	b
	V6111			
	Chanab 2000			
	V6034			
	Uqab 2000			
	V4611			
	22 Xiaoyan	<i>Descurainia sophia</i> (L.)	—	c
	Sin-Altheeb	Webb ex Prantl		
コウリヤン	Coupon			
	Tasman	<i>Lolium rigidum</i>	—	d
		<i>Sorghum halepense</i> L.		
	Enkath	<i>Cyperus rotundus</i> L.	23 ~ 44	e
		<i>Echinochloa colona</i> L.		
		<i>Convolvulus arvensis</i> L.		
アワ	—	<i>Portulaca oleracea</i> L.		
			70	f
ヒマワリ	Sin-Altheeb		74	
	Coupon		81	
	Shabah	—	61	g
	Zahrat Al-Iraq		53	
		<i>Rumex dentatus</i> L.		
	Suncross-42	<i>Chenopodium album</i> L.	57 ~ 67	h

(文献: [a]: Bertholdsson 2005, [b]: Mahmood et al. 2013, [c]: Zuo et al. 2014, [d]: Wu et al. 2003, [e]: Al-Bedairy et al. 2013, [f]: Fujii 2001, [g]: Alsaadawi et al. 2012, [h]: Anjum and Bajwa 2008)

4. 陝北黄土高原における農業生産構造の変化（1996～2009 年）

1) 化学肥料，農薬使用の推移と地域的特徴

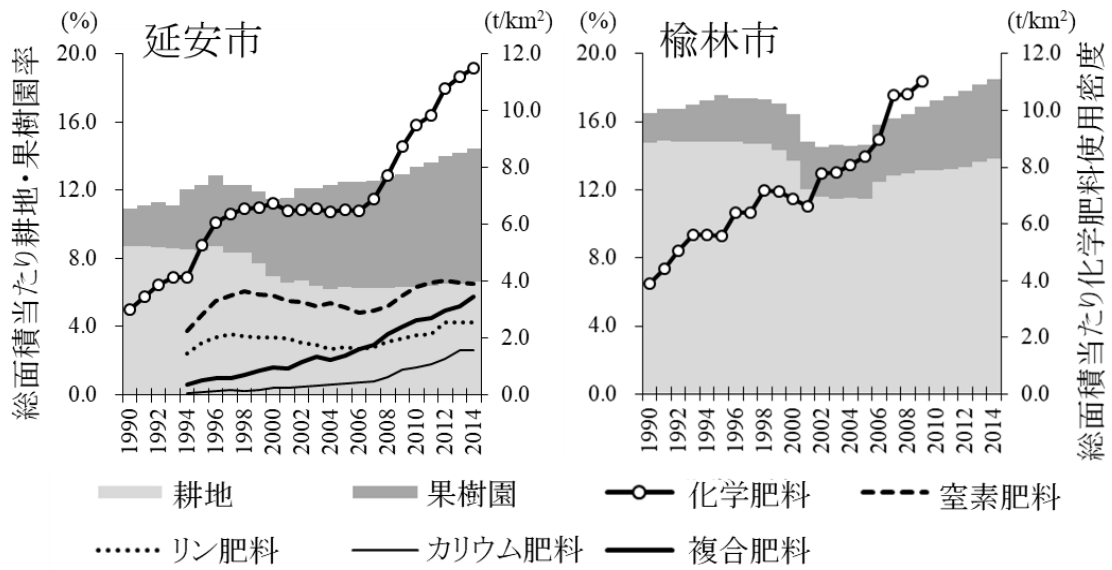
1990 年以降の耕地・果樹園面積は，両市ともに横ばいか，やや増加傾向にあるが，耕地面積は退耕還林の影響により減少し，果樹園の増加が著しい（図IV－2）。対して，化学肥料使用密度の伸びは榆林市で 1990～2009 年までの 19 年間に $7.1\text{t}/\text{km}^2$ ，率にして 2.8 倍増加し，延安市では同期間に 2.9 倍 ($5.8\text{t}/\text{km}^2$)，2014 年までの 24 年間に 3.8 倍 ($8.5\text{t}/\text{km}^2$) 増加するなど，耕地・果樹園面積当たり使用密度も急増している。一方，農薬の使用密度については両市の傾向が大きく異なる。延安市では 1990 年代後半～2000 年代前半の増加傾向が著しく，総面積当たりでは 1996～2004 年までの 8 年間に 2.5 倍 ($15.6\text{kg}/\text{km}^2$) 増加しており，その後も増加後の水準を維持している。対して榆林市では 1990 年代前半は延安市と同じ水準にあったものの，その後も増加の傾向がみられず，依然として低い水準が維持されている（図IV－3）。

以上のように，化学肥料使用密度は榆林市，延安市ともに増加傾向にあるが，その傾

表IV－4 家畜の排泄量と平均養分含有率

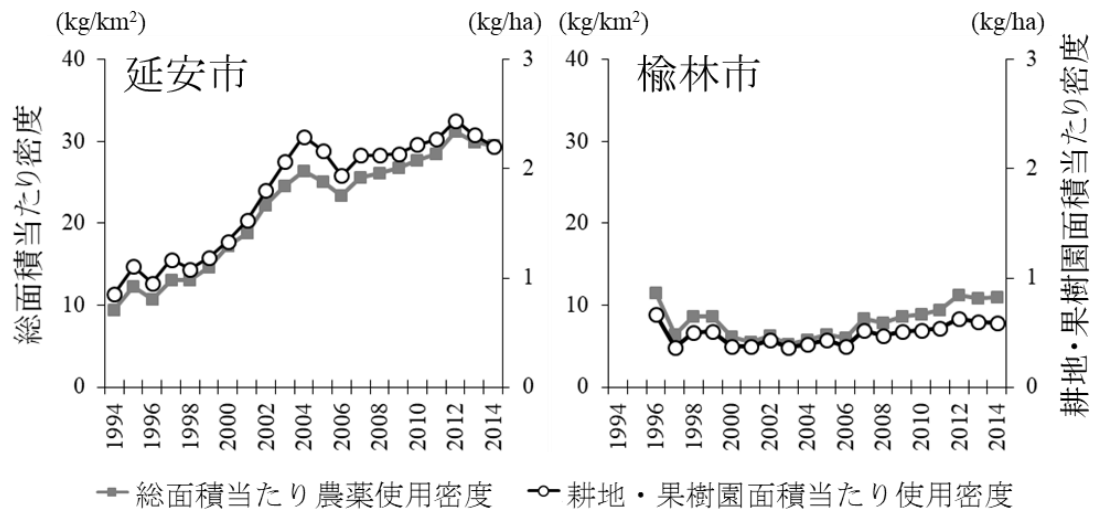
家畜	年間排泄量 (kg/個体)	養分含有率(%)	
		N	P ₂ O ₅
ウシ(役用)	10,100	0.35	0.08
ウシ(肉用)	7,700	0.35	0.08
ウシ(乳用)	19,400	0.35	0.08
ウマ	5,900	0.38	0.08
ロバ, ラバ	5,000	0.38	0.08
ヒツジ, ヤギ	800	1.01	0.22
ブタ	1,935	0.24	0.07
家禽類	26	1.05	0.44

(朱ほか(2012), 王ほか(2006)を基に筆者作成)



図IV-2 総面積および耕地，果樹園面積当たりの化学肥料使用密度の推移 (1990~2014年)

(各年次版「延安統計年鑑」，「榆林統計年鑑」より筆者作成)

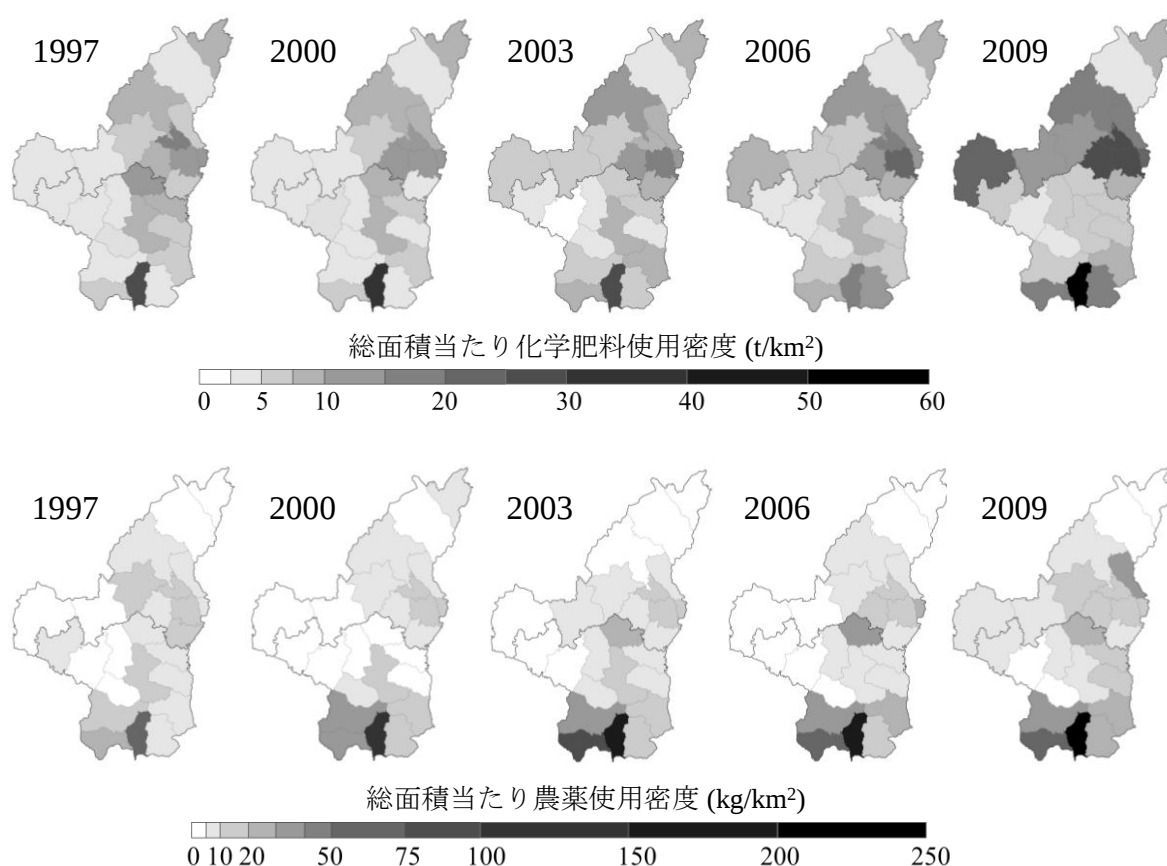


図IV-3 総面積および耕地，果樹園面積当たりの農薬使用密度の推移 (1994~2014年)

(各年次版「延安統計年鑑」，「榆林統計年鑑」より筆者作成)

向には明瞭な地域差がみられる（図IV-4）。区県ごとの特徴に焦点を当てると、延安市南部に位置する洛川県ではどの年度も他地域に比べて非常に高い値を示し、とくに2000年代後半に急激に増加していることがみてとれる。また榆林市綏徳県、米脂県など黄河本流に近い陝北黄土高原東部でも高い傾向にある。一方、定辺県や佳県、子洲県など榆陽区以南の榆林市各区県や富県、黄龍県など延安市南部の各県では、低かった化学肥料の使用密度が継続的に増加している傾向にあることがわかる（図IV-4）。また土壌化学性の空間特性との間には強い関連がみられない。

農薬散布についてみると、榆林市の使用密度は延安市に比べて低い（図IV-3）。区県別の経年変化を把握すると、黄河本流に接する東部の佳県では榆林市の中でも増加傾向が顕著な特徴がある（図IV-4）。また延安市南部の洛川県では他の行政区に比べて農薬使用密度が高い傾向にあり、黄陵県など周辺地域でも使用密度の増加が著しいことがわかる（図IV-4）。



図IV-4 総面積当たり化学肥料，農薬使用密度の区県別経年変化
（各年次版「延安統計年鑑」，「榆林統計年鑑」より筆者作成）

2) 畑作・果樹作の地域性と変化

図IV-5は対象期間の、総面積に占める栽培面積の時間変化と地域差を表したものである。傾向を把握するため3つの時期に平均化し、作物ごと、区县ごとに示した。これによると、総栽培面積が占める割合は総じて榆林市に属する地域の方が、南部の延安市よりも高い傾向にある。さらに詳しくみると、呉堡県や綏徳県、清澗県、延川県など陝北黄土高原東部の各県や、南部の洛川県で割合が高いことがわかる。一方で、北西に位置する志丹県、呉起県、靖辺県や、北部の榆陽区、神木県、南部の黄龍県や富県、黄陵県などでは、総栽培面積の割合が低い。北西部の値が小さい理由としては、地形的環境上、丘陵地斜面の割合が高く、畑作や果樹作のできる土地が元々限られていることが挙げられる。また北部では図II-12で示したように平地があるものの、平地の多くはモウス砂漠との境界に位置しており、農作物を栽培できる環境が限られていることが挙げられる。加えて、南東、南西端の山間部には森林が広がっており、国や省の保護区に指定されているエリアも存在することから（図II-12）、富県や黄陵県、黄龍県などでは実質的に農業活動が可能な土地が他区县と比べて限られることが挙げられる。

農作物の構成は、黄河本流に近い東部でナツメ、南部でリンゴの果樹作が拡大している。とくにリンゴ栽培は、南部の洛川県において盛んで（図IV-5）、2011年現在、リンゴ園の81.5%を「ふじ」が占めている（史ほか2013）。また、トウモロコシやイモ類の栽培も伸びている（図IV-5）。先行研究から、トウモロコシの多くは、主に換金・飼料用として栽培されていることがわかる（たとえば、鬼木ほか2007; 佐藤ほか2012; 原ほか2017）。さらに農村振興策として導入されてきた野菜栽培が、割合は高くないものの各地域で増加している。一方で、旧来の当該地域の代表的な農産物では、伝統的な主食であるアワ、キビ、コムギ等の穀類や、油を採取するための主要作物であるアマ（安ほか2008）の栽培が減少している。タバコの栽培面積も大きく減少しており、この間の農業生産構造の変化が改めて確認できる（図IV-5）。ただし、同じく伝統的な作物の一つであるマメ類の栽培については、陝北黄土高原東部を中心とする地域では年度を問わず盛んである（図IV-5）。

3) 家畜の種類・頭羽数の地域性と変化

世帯当たり家畜頭羽数に焦点を移すと、まず家禽類以外の家畜保有の有無で地域差が認められ、綏徳県や米脂県など東部地域ではどの家畜も世帯当たりの頭数が少ない（図IV-6）。これは、東部地域には荒地が少なく牧畜業が重要な地位を占めてこなかったためである（柴ほか 1987）。対して、その他の行政区では、飼育する家畜の種類でさらにいくつかの傾向がみられることがわかる（図IV-6）。

次に、中国で「大家畜」と呼称される役畜の頭数の推移について確認する。陝北黄土高原で飼育される大家畜は主に、ウシおよびウマ・ロバ・ラバである。II章で述べたように、当該地域のウシは、主として役用の在来種（黄牛）（*Bos taurus*）で（耿ほか 1996）、犁耕の動力として用いられてきた。またロバやラバは、耕耘に加えて運搬や製粉の動力源としても重要視されてきた（柴ほか 1987; 縄田 2008）。ウシの保有頭数は南部諸地域で高く、ウマ・ロバ・ラバの保有頭数は陝北黄土高原北西部に位置する定辺県や呉起県、志丹県などで高いなど、役畜の種類によって明瞭な地域差がみられる。しかし、両者とも年を追うごとに保有頭数が減少する傾向にあり、役畜の役割が地域で低下している可能性が示唆される。

さらに、ヒツジ、ヤギについてみると、総じてヤギの頭数がヒツジに比べて多い。地域別にみると、陝北黄土高原北西部ではヤギ、ヒツジの頭数がともに他の地域に比べて多い。一方、陝北黄土高原南部ではヒツジの所有が限定的である。そして役畜同様に、多くの地域で頭数が減少傾向にある。その理由として、退耕還林によって放牧が禁止され、ヒツジとヤギの売却が促されたことが考えられる（縄田 2008）。ただし、榆林市の一部区県では、上記に反してヤギの保有頭数が増加傾向にあることに留意が必要である。

主要な家畜のなかで頭数の地域的偏りが最も小さいのはブタである。世帯当たりの家畜保有が全体的に限定的な陝北黄土高原東部を除くと、多くの地域で平均的に 1~2 頭前後飼育されている。

以上のように、当該地域ではヤギ頭数が増加している一部の地域と、多様な家畜が飼育される状況が変化し全体的に頭数が減少している地域が確認できる。また、上述のように陝北黄土高原では、家畜糞が肥料として利用されてきたほか（柴ほか 1987; 縄田 2008）、先に列記した農作物が家畜のエサとして利用されるケースも多く、ウシにはイネ科穀物の茎や穀粒、ブタにはトウモロコシや雑草が与えられることが多い（縄田 2008）。そのため、家畜頭数の変動は化学肥料の使用と何らかの関連性を有すると想定される。

5. 重回帰モデルの結果

化学肥料と農薬の使用密度に関する重回帰分析の結果を表IV－5、6 に示す。総面積に対するそれぞれの農産物の栽培面積率、家畜排泄量が有する係数の大きさは、各列に記した地域の農業生産活動の中で、化学肥料、農薬使用密度に寄与した相対的な程度を推定している。すべてのモデルで、調整済決定係数（ R^2 ）が 70%以上を示した。

まず、表IV－5 に基づいて化学肥料使用密度の差を説明する因子の傾向をみてみると、

表IV－5 化学肥料使用密度に関する重回帰分析の結果

被説明変数： 化学肥料使用密度	陝北	榆林	延安
リンゴ栽培面積	15.7	...	14.0
ナツメ栽培面積	...	-6.0	...
ナシ栽培面積	-3.4	...	...
トウモロコシ播種面積	12.8	4.0	6.5
コムギ播種面積	...	-4.7	3.3
アワ、キビ播種面積	...	...	-4.4
イモ類播種面積	...	6.6	...
ダイズ播種面積	6.1	2.3	...
ヒマワリ播種面積	2.8	...	...
アマ播種面積	...	2.6	...
タバコ播種面積	3.1	...	3.1
青刈飼料播種面積	5.6	...	...
ウシ排泄量	...	-4.6	...
ウマ、ロバ、ラバ排泄量	...	-6.4	...
ブタ排泄量	...	...	5.7
ヤギ排泄量	...	-3.9	-2.3
定数項	-1.1	-0.02	-4.8
調整済決定係数 (R^2)	0.74	0.73	0.86
Durbin-Watson検定	1.88	1.88	2.09
標本数	350	168	182

農作物と家畜ごとに記した数値はt値である。
表中の「...」は、重回帰分析・変数増減法において、当該変数が説明変数に選択されなかったことを意味している。

地域全体で最も強い影響を与えていると推定されたのはリンゴ栽培面積で、次いでトウモロコシ播種面積が選ばれた。とくに両者は他の作物、家畜に比べて係数値が大きく、当該地域における化学肥料使用密度の増加に最も重要な役割を果たす因子であると考えられる。トウモロコシは、榆林、延安を通じて有力な説明変数として選抜された。また延安市ではリンゴ栽培面積の係数値が最も大きく、榆林市ではイモ類の係数値が最も大きかった。化学肥料使用密度の増加に影響を与えている因子としては、上記の他にリンゴ、ダイズ、ヒマワリ、アマ、タバコ、青刈飼料の播種面積、およびブタの排泄量が挙げられた。一方、ナツメ、ナシの栽培面積、アワ・キビ播種面積、ウシ、ウマ・ロバ・ラバ、ヤギの排泄量は負の因子として選抜された。とくに榆林市ではウマ・ロバ・ラバ排泄量の係数値がイモ類播種面積の係数値と同等に高い絶対値を示し、化学肥料使用密度に対する家畜糞投入の影響が大きいことが示された。ナツメは榆林市において生産面積が広く、リンゴと並ぶ陝北黄土高原の代表的な果樹であるが、両者の間には化学肥料使用密度に関して相反する結果が得られた。

次に、表IV-6に基づいて農薬使用密度の差を説明する因子の傾向をみると、リンゴ栽培面積の係数値が陝北黄土高原、延安市ともに圧倒的に大きかった。畑作ではアワ・キビ播種面積の値が最も大きかった。農薬使用密度に正の影響を与えている因子と

表IV-6 農薬使用密度に関する重回帰分析の結果

被説明変数： 農薬使用密度	陝北	延安
リンゴ栽培面積	31.1	26.2
ナツメ栽培面積	2.5	-2.5
アズ栽培面積	-2.6	...
ナシ栽培面積	-4.8	...
アワ、キビ播種面積	-3.6	-6.3
ヒマワリ播種面積	-3.3	...
タバコ播種面積	-2.6	...
定数項	-6.8	-10.4
調整済決定係数(R ²)	0.77	0.81
Durbin-Watson検定	2.05	2.24
標本数	350	182

表IV-5の注で示した事項は、表IV-6においても該当する。

しては、リンゴの他にナツメが選ばれた。一方、アンズ、ナシ、アワ・キビ、ヒマワリ、タバコでは負の係数が得られた。上記のうち、アワ・キビは陝北黄土高原と延安両方のモデルで高い係数値が得られた。また陝北黄土高原のモデルにおいて、ナツメ栽培面積の係数は、他の作物と異なり農薬と化学肥料使用密度のモデルで正負に反対の結果が得られた。

6. 結果の解釈と化学肥料、農薬の使用促進要因

重回帰モデルによって、化学肥料や農薬の使用密度に対する、作物栽培や家畜飼育の包括的かつ相対的な影響度が推定され、化学肥料や農薬の使用密度に強く寄与した農業因子が抽出された。

化学肥料使用密度では、陝北黄土高原全体の最も大きな因子として、リンゴとトウモロコシの栽培面積が選ばれた。両者はとくに南部の延安市のモデルで高い値を示した。とりわけ養分要求量の大きいリンゴ生産による、化学肥料の施与に対する影響の大きさが改めて裏付けられた。一方、北部の榆林市ではリンゴの生産は元々限定的であり、モデル結果は化学肥料使用密度の増加要因として、イモ類の栽培面積の拡大を示した。また、家畜糞が化学肥料の使用抑制に効果的に作用してきたことも示された。

リンゴ栽培は、農薬使用密度に対しても大きな影響を及ぼしていたと考えられる。表IV-6から、化学肥料使用密度の場合に比べて、リンゴ栽培面積の係数値が圧倒的に大きいことがわかる。リンゴ栽培による残留農薬や土壤汚染については、上述のように先行研究でも数多く指摘され、近年では環境負荷を低減させるための取組みも始まっている。重回帰モデルの結果は、農薬使用密度全体に対するリンゴ栽培の影響が極めて大きいことを物語っており、上述のような取組みが当該地域全体の農薬散布に起因する環境負荷の低減に大きな役割を果たしうることを強く明示している。

1) 栽培用途の変化と化学肥料の多投化

リンゴは化学肥料をより多く必要とする作物であることから、重回帰モデルの結果は容易に想像できる。ここで興味深いのは、イモ類やトウモロコシが大きな正の係数値を示した一方、アワ・キビが負の係数値を示したことである。表IV-1でも示したように、

作物特性上、両者の養分要求の特徴に大差はみられない。これは重回帰モデルの結果が当該地域で栽培される作物の成育特性を単純に反映しているわけではないことを意味しており、栽培方法の違いが両者の結果に起因していることを強く示唆する。すなわち、当該地域のイモ類やトウモロコシはより化学肥料を必要とする方法で栽培されており、対してアワ・キビでは化学肥料の施与が抑制される方法が採られていると考えられるのである。

ここで栽培目的に関する両者の違いについて検討を試みると、当該地域で栽培されるトウモロコシの多くが、主に換金・飼料用として栽培されるデントコーン (*Zea mays indentata*) である (寶劔 2010)。またイモ類について、栽培が盛んな地域の一つである呉起県では、「地域で生産されたイモ類はデンプンとして加工され、国内外の市場に出荷される」という住民の声も聞かれており³²⁾、県内の農村地域ではイモ類を集荷、加工するための工場も視認できる (図IV-7)。加えて、現在の当該地域の主食は、アワ等の雑穀かコムギ、コメであり、トウモロコシやイモ類が主な自家消費用の穀物でないことも複数の研究が指摘している (何ほか 2008; 何 2009)。以上を踏まえると、トウモロコシ、イモ類はいずれも主要な換金作物という共通した特徴を有しており、市場の要請に従って生産量を拡大させ、現金収入を増加させたいという農村住民の思惑が示唆される。



図IV-7 地域で生産されたイモ類が集荷、加工される工場
(延安市呉起県にて 2015 年 9 月撮影)

³² 2015 年 10 月に呉起県在住で農業と運輸業の出稼ぎを兼業する農村住民 (30 代男性) に対して、2016 年 7 月に図IV-7 に示す工場の従業員 (女性) に対して、それぞれ実施した。

栽培用途の変化が化学肥料使用モデルの係数に違いをもたらした背景として、耕地一筆における作物ごとの栽培頻度の差が関係していると考えられる。上述のようにアワやキビは、伝統的に他の様々な作物との輪作システムに組み込まれており（延安市誌編纂委員会編 1994: 191; 榆林市誌編纂委員会編 1996: 174）、地力を維持、改良しながら計画的に栽培されていたと考えられる。対して、トウモロコシとジャガイモの栽培面積は拡大しており、2009 年時点で榆林市における農産物播種面積の 50.2%を占めている。榆陽区や靖辺県、定辺県では 6 割以上に上る。そのため特定の耕地においてトウモロコシやジャガイモが栽培される頻度は、アワ・キビに比べて高いことが予想される。化学肥料使用密度の増加が著しい榆林市定辺県の村落では、アワ・キビが同一の耕地で栽培される頻度は 3～5 年に一度程度である一方、トウモロコシやジャガイモは連作されるか、2 年に一度栽培されるなど、栽培頻度が極めて高い事例が観察できる（図IV－8）。各地の河岸平地でも毎年トウモロコシが優先して作付される様子がみられる。こうした栽培方法では、輪作地に比べて連作障害や土壌肥沃度の低下が懸念されることから、毎年の収量を維持し、栽培可能な面積を確保するための対応が求められる。定辺県の当該村落では、各家庭の倉庫で沢山の化学肥料が備蓄されている。その多くは複合肥料で占めら



2014年の作付作物 ① ⑤: ジャガイモ, ②:エンバク, ③:マメ類, ④ ⑥:トウモロコシ

図IV－8 丘陵地における農業的土地利用の一例

（榆林市定辺県にて 2014 年 9 月筆者撮影）

住民への聞き取りと現地観察の結果を基に筆者作成

れており、ジャガイモのイラストとともに「イモ類専用」と書かれた複合肥料（配合： $N=18\%$, $P_2O_5=5\%$, $K_2O=22\%$ ）も散見される（図IV－9）。中国では、上記の他にも、さまざまな配合の複合肥料が販売され、水稻用、トウモロコシ用、マメ類用など、栽培する作物に特化した配合の肥料も生産、販売されていることから³³⁾、こうした多種多様な化学肥料が、栽培頻度の高い作物に対して施与されていると考えられる。

世帯A



世帯B



図IV－9 農家における化学肥料所有の一例
(榆林市定辺県にて 2014 年 9 月筆者撮影)

³³⁾ 2012 年における中国の複合肥料市場は、上位 10 社がシェアの 31.5%を占めている。商品の種類については各社の Web ページを参照した。下記に企業（生産量、市場占有率、順位）（方正証券の調べによる）の例を示す。

金正大グループ（280 万 t, 5.6%, シェア 1 位）：<<http://www.kingenta.com/index.aspx>>（2017 年 7 月 8 日最終閲覧）。湖北新洋豊肥業株式会社（218 万 t, 4.4%, シェア 2 位）：<<http://www.xinyf.com/index.html>>（2017 年 7 月 8 日最終閲覧）。

以上の理由は、正の係数値を示したタバコ栽培にも同様に当てはまると考えられる。上述のように、タバコは果樹やイネ科の穀類等と比べて窒素の消費が少ない一方、カリウムの消費が多い。そのためタバコを安定的に生産、供給すべく連作を続けると、土壌中のカリウム養分が欠乏し、栄養バランスが崩れやすい。よってカリウム養分の施与が欠かせないが、モデルの結果は、そのためにタバコ農家の多くが有機質肥料ではなく化学肥料を施与してきたことを示唆している。延安市南部のタバコ播種面積が大きい地域では、葉タバコの栽培地が連続する景観が観察できる（図IV－10）。図IV－10にみえる三段の平坦地は、すべて葉タバコの生産に充てられている。1990年代にはより広い範囲でタバコの栽培が展開されていたと考えられる。そのため、タバコ栽培に特化し、保有する有機質肥料の少ない農家では、収入を獲得しつつ連作障害や土壌肥沃度低下による生産量の低下を防ぐため、化学肥料が積極的に施与されていたのではないかと考えられる。



図IV－10 連続的に栽培される葉タバコの一例
（延安市富県にて 2016 年 7 月筆者撮影）

2) ナツメ栽培の地域親和性とリスク

地域の代表的な換金作物のなかで、上記で例示した作物の傾向と異質なのがナツメである。その栽培面積は、リンゴやトウモロコシ、イモ類と同様に増加傾向にあり、リンゴと並ぶ陝北黄土高原の主要な果樹の一つである。一方、化学肥料使用密度と栽培面積の関係についてみると、リンゴと異なり負の係数値を示した。これはナツメが相対的に化学肥料の施与が少なくても栽培、生産が可能な作物だからだと考えられる。表IV-1で示したように、ナツメの平均推奨養分量は、リンゴを100%とした場合に比べて、窒素20.2%、リン酸23.6%、カリウム28.6%と圧倒的に少ない（李家康ほか2001b）。そのためリンゴとナツメの係数値の差は、作物の養分要求量の差をよく表したものであったといえる。

さらにナツメ栽培は、気候的、文化的、経済的にも地域との高い親和性を有している。その理由として、ナツメは耐乾性に優れ、伝統的に「救命樹」と称されるなど、旱魃時の食糧確保に重要な役割を果たしていたことが挙げられる（楊2004）。そのため陝北黄土高原では、比較的温暖な黄河沿岸を中心に前近代から好んで栽培されてきた（榆林地区地方誌指導小組編1994:182）。政府も貧困対策としてナツメ産業に対する投資を進めている（楊2004）。関・向（2009）は、栽培が盛んな地域の一つである延安市延川県で聞き取り調査を行い、ナツメの優位性に関する地域住民の意識を記している。それによると、「リンゴ栽培は農家に経験が無いため品質が不安定になることに加えて、生産地が増えると生産量が市場の需要を超過するため、農家はリンゴ導入にかかった借金を返済できなくなるリスクがある。対してナツメは、収益面ではリンゴほど高くないものの、陝北黄土高原の気候によく合致しており、かつ地域在来の特産物として元々省内に市場があることから経済的にも適しており、総じて農家に好まれる果樹である」という。以上のようにナツメは作物特性上、地域環境との親和性が高く、養分要求量も小さいことから、今後も陝北黄土高原における重要な農業生産の一つとして位置づけることができる。

ただし農薬使用モデルでは正の係数値が得られている。このことから、係数値の大きさはリンゴに比べると非常に小さいものの、地域における農薬使用密度の差を規定する規模で農薬が散布されていると推察される。加えてナツメ栽培の拡大にともなって、一部の生産地では水資源上の制約や、管理不足による生産量の低下が顕在化していると指

摘されている（楊 2004）。そのため、ナツメ栽培が盛んな佳県や呉堡県、清潤県、その他の栽培適地では、水資源に対する影響と、生産量拡大や病虫害防止等ための農薬散布の環境影響を、併せて注意深くモニタリングすることが必要になる。

3) 有機質肥料や物理的、生物的対処の効果

化学肥料や農薬の使用密度を増加させた主要要因の一つとして、有機質肥料の減少が挙げられる。とくに負の係数値を示した家畜の、化学肥料使用密度への影響について考察する。延安市と榆林市のモデル結果では、ともにヤギの排泄量が負の係数値を示した。榆林市では役畜であるウシ、ウマ・ロバ・ラバの排泄量も、大きな負の係数値を示した。また延安市における化学肥料使用モデルでは、ブタの排泄量が正の値を示したが、これはブタのエサとなる飼料の栽培に対して、より多くの施肥がなされたことが推察される。以上の結果から、有蹄類の家畜が一定数飼育されている地域では、家畜糞が有機質肥料として耕地に還元され、化学肥料の使用を抑制していること、延安市など多くの地域では役畜の減少が施肥量全体に占める家畜糞の割合を減少させ、化学肥料の施与を拡大させる要因になっていることが示唆される。またヤギの頭数は、延安市では激減しているのに対し、榆林市の一部では増加傾向にあることから、榆林市の化学肥料使用モデルで負の係数値が示された結果は、頭数が維持、増加している市内の区県や世帯では、ヤギ糞が有機質肥料として活用され、化学肥料の施与抑制に貢献していることを示唆している。

都市近郊や長江下流域では、化学的環境負荷の主要要因の一つとして野菜栽培が懸念されている。一方、本研究のモデルでは栽培面積が拡大しているにもかかわらず、変数として選択されなかった。これは、他の換金作物とは対照的に、1996～2009年の当該地域では野菜栽培による化学肥料への影響が正負ともに小さかったことを示している。その理由として、有機質肥料の利用が考えられる。安塞県の一村落を調査した佐藤ほか（2008）によると、調査村落では「ほとんどの畑で化学肥料が使われている一方、野菜は施肥に敏感なために有機質肥料（堆肥）が重用されており、ヤギやヒツジの頭数が激減した現在では町で購入した糞が堆肥として施与されている」ことを報告している。これは野菜栽培に、草木の灰や発酵した有機質肥料を多く施与することで、連作によって不足しがちなカリウム養分を補い、土壌養分のバランスが崩れ、養分欠乏や養分過剰に

陥ることを防ぐ在来知（梁ほか 2008）であると考えられる。本研究の結果は、分析期間の陝北黄土高原では、野菜栽培に有機質肥料が積極的に施与されていた可能性を示唆している。

物理的、生物的対処の例としては、緑肥による土壌肥沃度の向上や雑草の成育抑制、作付作物そのものが有する環境への抵抗力が挙げられる。陝北黄土高原の農薬使用モデルでは、畑作物のうちアワ・キビ、ヒマワリ、タバコが負の係数値を示した。とくにアワ・キビは延安市のモデルでも高い負の係数値を示した。本章の 3 でも述べたようにアワやキビ、ヒマワリは、雑草の成育を妨げるアレロパシー効果が認められる代表的な作物で、実験では、アワの雑草抑制効果は 70%（Fujii 2001）、ヒマワリは 57～81%にも上ると報告されている（Alsaadawi et al. 2012; Anjum and Bajwa 2008）。現在のところ、実際の栽培現場での効果が明確にされているわけではないが、こうした効果が一定程度影響した可能性も考えられる。またアワは、雑草への抵抗性だけでなく、強いストレス耐性や病虫害への抵抗性も示す（Li and Wu 1996）。そのため農薬使用モデルの結果は、上記のような効果を有するアワやキビ、ヒマワリ等の栽培、緑肥利用が、当該地域における除草剤や防虫剤の散布量抑制に積極的に貢献してきた可能性を示唆している。

4) 施肥水準の妥当性と土地利用の課題

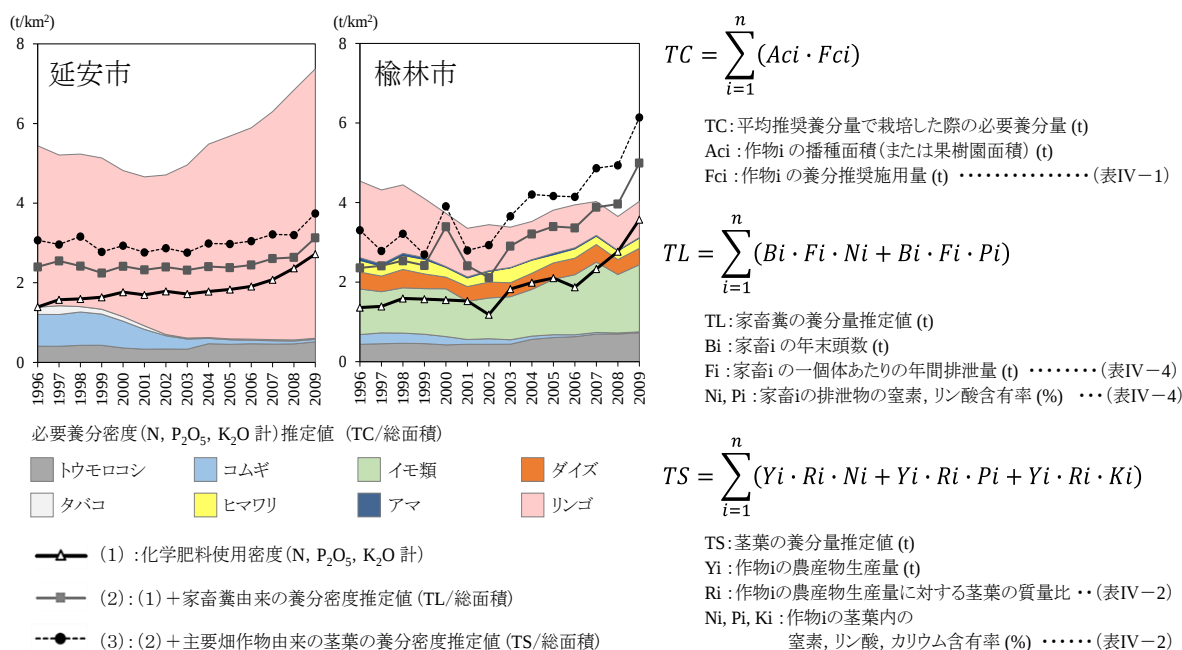
以上を通じて、施肥量に対する換金作物の栽培による促進効果と、家畜排泄物の利活用による抑制効果が示された。そこで、重回帰モデルにおいて化学肥料使用密度の増加効果が示された主要な作物を対象に、本章の 3 で示したデータを用いて、化学肥料の施与水準および農業的土地利用の妥当性を検討した。具体的には、主要作物の全栽培面積で平均推奨養分量を満たす肥料を施与した場合の養分密度推定値（以下、必要養分密度）を算出し、実際の施与養分密度の推定値と比較した。また同時に、家畜頭数と穀物の栽培面積から域内の有機質肥料の養分密度を推定した。

図IV-11 の積み上げ面グラフは、化学肥料使用モデルによって正の係数値が示された主要作物の、必要養分密度の累積値である。また折れ線グラフは、(1)：成分量ベースの化学肥料使用密度、(2)：(1) に家畜糞由来の養分密度推定値を合算した値、(3)：(2) に主要畑作物（全穀物、イモ類、マメ類、ヒマワリ）由来の茎葉の養分密度推定値を合算した値を示す。数値は、各年次版の「延安統計年鑑」、「榆林統計年鑑」の掲載

値と、表IV-1, 2, 4を参照した。主要作物の必要養分密度、家畜糞の養分密度、茎葉の養分密度の算出および評価には、それぞれ李書田ほか（2017）、劉・李（2017）、朱ほか（2012）の式（図IV-11）を用いた。

なお副産物として生成される茎葉のうち、実際に耕地へ還元される割合は不明な点が多い。黄土高原で生産されるトウモロコシの場合は平均 14.5%程度で、6 割以上は燃料や飼料として使用されていると考えられている（呂ほか 2013）。そのため、化学肥料に有機質肥料の使用量を合わせた実際の施与養分密度は、図IV-11 の（2）と（3）の間に位置すると考えられる。

それぞれの密度を算出した結果、延安市では分析期間を通じて、必要養分密度が、化学肥料使用密度と家畜糞由来の養分密度を合わせた実際の施与養分密度推定値を大きく下回り、2009 年における両者の差が $4.2\text{t}/\text{km}^2$ に上ることがわかった（図IV-11）。このことから、実際の施肥量は、耕地ごとにばらつきがあると考えられるものの、市全体では作物の要求する養分量を満たしておらず、十分な施肥の行き届いていない果樹園、畑地が多数存在することが示唆される。それを裏付けるように、宜川県などの新興のリ



図IV-11 化学肥料使用密度、有機質肥料の養分密度、および主要作物の必要養分密度の推定値

（各年次版「延安統計年鑑」，「榆林統計年鑑」，李書田ほか（2017），劉・李（2017），朱ほか（2012）を基に筆者作成）

ンゴ産地を流れる河川では、国内基準値を超過した汚染等は検出されていない（黄河水利委員会 2015: 33-34）。しかしリンゴ主産地の洛川県を流れる洛河では、県の下流側で重度の窒素汚染を含む水質汚染が検出され（黄河水利委員会 2015: 31）、リンゴ栽培による多量の化学肥料使用の影響が強く懸念される。つまり、市内すべての果樹園、畑地で最大の生産量を獲得しようと試みた場合には、化学肥料のさらなる使用によって地域の養分密度が大幅に上昇し、汚染リスクやその程度がさらに拡大する可能性が推察される。そのため、個々のリンゴ園での適切な施与管理とともに、域内のリンゴ栽培面積の管理、抑制を含む農業的土地利用の見直しが必要ではないかと考えられる。

榆林市の場合には、化学肥料使用密度と必要養分密度の差が年を追うに従い小さくなっている。とくに 2008～2009 年には、必要養分密度が実際の施与養分密度推定値（化学肥料＋家畜糞）を下回っていた。このことは、イモ類やトウモロコシの栽培等で、推奨される養分量以上の化学肥料が施与されていることを強く示唆している。そのため榆林市における化学肥料使用量の削減には、拡大するイモ類やトウモロコシの栽培に対する施与量の削減、管理がより重要になると考えられる。

その際には、有機質肥料を効果的に活用することも必要と思われる。耕地に対する家畜排泄物由来の窒素負荷は、2009 年時点で榆林市が 98kg/ha、延安市が 80kg/ha 未満と推定される（朱ほか 2012）。欧州連合（EU）の「硝酸塩指令」（1991 年公布）では、農業活動に起因する水質、土壌汚染を抑制、防止するために、家畜排泄物由来の窒素負荷の上限値を 170kg/ha と定めている³⁴⁾。この基準に照らすと、両市では地域環境が許容できる有機質肥料の余地は依然として大きい。そのため陝北黄土高原では、化学肥料の使用量を抑制、削減するうえで、家畜糞を含む有機質肥料の利用をさらに促進することが有効な方法になると考えられる。

³⁴⁾ 正式名称は「Council Directive 91/676/EEC of 12 December 1991 concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources」（農業起源の硝酸塩汚染から水系を保護するための閣僚理事会指令）。条文の内容は欧州連合法の公式サイト EUR-Lex で確認した。＜<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:31991L0676>>（2018 年 10 月 6 日最終閲覧）。

7. 小結

これまでの結果、考察を踏まえ、陝北黄土高原で化学肥料、農薬使用量が増加してきた要因となる、農業生産の構造とその変化についてまとめる。

まず化学肥料使用からみると、栽培面積の推移から、榆林市では当初、イモ類やトウモロコシ、ダイズが、延安市では主にリンゴやコムギ、トウモロコシ、タバコの栽培が、使用密度を規定するのに大きな役割を果たしていたと考えられる。ロバやウシ、ヤギ等の家畜糞が積極的に自給利用されていたことも、化学肥料の施与を抑制することに寄与していた。陝北黄土高原東部において、当初から化学肥料の使用密度が相対的に高かったのには、世帯当たり家畜頭数が他の地域に比べて少なかったことが影響している。榆林市では換金目的のイモ類やトウモロコシの栽培比率が増加し、栽培頻度も上昇したことが、化学肥料の使用促進に結び付いたと考えられる。またヤギの頭数が減少した場合には、化学肥料の使用密度がさらに高まっていた可能性が推察される。延安市では、アワやコムギの栽培に代わってリンゴや飼料用のトウモロコシの栽培が急速に拡大し、かつ家畜頭数が減少したことが、化学肥料の使用を拡大させる大きな要因になったと考えられる。

次に農薬使用についてみると、延安市におけるリンゴ栽培の影響が極めて大きい。延安市では当初、伝統的な自給作物であるアワの栽培によって、除草剤や防虫剤の使用が抑制されていたと考えられる。しかしその後、リンゴ栽培が急速に拡大したことによって、延安市の南部や東部を中心に農薬使用密度が上昇していったと考えられる。一方榆林市では農薬使用量が低く、大きな変化もみられない。その理由は、農業生産の主を占めるようになったイモ類やトウモロコシ、マメ類の栽培では農薬の需要が相対的に小さいこと、アワをはじめとする雑穀類やヒマワリの生産によって散布量が抑えられてきたことが挙げられる。ただし、黄河本流に近い佳県等の東部地域では 2000 年代後半に増加傾向が顕著で、ナツメ栽培による農薬散布量の増加が指摘できる。

以上のように、本章によって陝北黄土高原の化学肥料および農薬の使用密度を規定する農業生産の特徴が具体的に示された。今後は、本章の分析で得られた結果を踏まえ、南部ではリンゴ栽培地の抑制や、それに代わる産業の振興、とくに果樹栽培以外での収益増加と有機質肥料の使用拡大のための畜産業支援等が有効と考えられる。北部ではジャガイモやトウモロコシの栽培方法の見直し、家畜糞の高密度地域から低密度地域への

効率的な流通等が求められる。アワ・キビをはじめ、負の係数値が得られた作物の施与抑制効果についても、さらに科学的に分析し、在来農法の物理的、化学的優位性や、副産物の産出を含む多面的機能に焦点を当てることが重要となる。在来知や伝統的な農業生産に対する付加価値の創出に向けた各種支援なども、化学肥料や農薬の使用密度を縮小させていくための方法論の一つと考えられる。

加えて、汚染メカニズム全体の解明に向け、肥料や農薬に含まれる特定物質の施与と地域の水質、土壌汚染との因果関係や、汚染された食品や水の摂取による農村住民への健康影響などについても、衛生工学による対処の検討や、疫学的な知見を導入した経過観察が続けられなければならない。

このうち、換金性の飼料作物の環境負荷リスクを軽減させるためには、栽培地での施与方法の見直しだけでは対策は困難と考えられる。なぜなら中国都市部において肉食需要が増加しているからである。そのため、生産された飼料が出荷される地域の畜産業や消費者の動向等も関連付けて洞察し、飼料生産から精肉消費に至る一連のサプライチェーンのなかから、生産者が化学肥料や農薬の施与量を増加させる選択をする利点を明らかにし、社会的、経済的側面からも改善すべきポイントを具現化していくプロセスが必要になる。今後、地域内で飼料生産と畜産業を組み合わせた複合経営を発展させる場合にも、有機質肥料の供給と同時に飼料栽培による化学的な環境負荷を家畜飼育の評価に組み込み、地域の環境影響に配慮することが求められる。

V 黄土丘陵における河岸地域の経済的優位性と村間格差の実態

1. 背景

1) 退耕還林実施地域の社会経済状況と問題の所在

上述のように、先行研究では全国でみられる退耕還林の一般的な課題やその傾向の抽出、省や市、県の空間スケール³⁵⁾において各対象領域が有する地域性や一般性、介在する課題を分析することに対して成果を上げてきた（たとえば、Bullock and King 2011; Luo and Li 2010; 成ほか 2010; 侯ほか 2009; 郝・曹 2008）。しかし、黄土高原は侵食谷が発達し、丘陵が幾重にも連なる特徴的な地形景観が卓越しており（松永 2013）、居住地である村の立地環境が個人や世帯の社会経済状況に及ぼす影響が大きいと予想される。同時に、社会主義建設の要請から都市と農村の二元構造を強固に維持してきた中国でも、近年、市場経済化の進展とともに「近郊」とよばれる都市と農村に二分できない地域の形成がみられるなど（小島 2009）、郷鎮の内部空間、とりわけ村レベルには様々な諸条件の差異が存在していると考えられるが、一連の研究において、黄土高原の郷鎮やそれ以下の階層における地理的特徴はあまり着目されてこなかった。

つまり、退耕還林が開始されて 19 年あまりが経過し、様々な対象地域、空間スケールにおいて、退耕還林の経済的な成否や課題に対する分析がなされ、現状把握の点で一定の成果を挙げているものの、情報は断片的で、村を単位とした郷鎮全体の空間特性は依然として不明なままである。これによって、成果が均一に波及していない村の特徴を地理的に把握したり、その要因を推定したりすることができず、結果として地域の状況によって生じるさまざまな恩恵や制約を考慮して議論し対策を立案することが困難になっている。

³⁵⁾ 中国の地方行政制度は、基本的に省、自治区、四つの直轄市の第一級行政区を頂点として、第二級（市、地区など）、第三級（区、市、県など）、第四級（郷、鎮など）行政区があり、各層に人民政府、党組織が設置されている。本章の分析が扱う第四級行政区の下層には、農村では村民委員会が設けられており、郷鎮政府と住民との間の結節的役割を果たす住民自治組織である（高坂 2003）。この空間範囲（管轄区）を行政村と呼ぶ。

2) 目的

以上の問題意識から、本章では陝西省呉起県を事例に、郷人民政府が集計した行政村単位のデータを用いて、全行政村の経済的状況について、立地特性に応じた特徴を明らかにすることを目的とする。また、現地での土地利用調査、聞き取り調査を通じて、こうした特徴が出現した要因について考察を試みる。

2. 調査対象と研究資料

1) 呉起県における退耕還林

本章と次章が対象とする呉起県は、黄土高原の中でも土壌侵食が深刻な地域の一つで、退耕還林を全国に先駆けて実施した地域として（姚・張 2008）、全国モデル県や黄土高原水土保持重点区等に指定されている（李ほか 2006; 陝西省林業庁・陝西省林業調査計画院 2009）。本県では初年度にあたる 1999 年に退耕還林が最も大規模に実施され、1998～1999 年の 1 年間に 38.3%にあたる 767,400 ムー（51,160ha）の耕地が緑化された（延安市林業誌編纂委員会編 2011）。

呉起県は環境保全と住民生活水準の向上の両面で最も退耕還林が成功した地域とされる（姚・張 2008）。農村住民の所得は、市場経済化の進展の影響も受けて大きく増加しており（図 V-1）、2014 年における農村住民の一人当たり可処分所得は 10,358 元で前年に比べて 13.7%、2000 年に比べて 7.4 倍上昇している（図 V-1）。これは延安市の平均に比べて 579 元高い値であり（図 V-1）、市内 13 区県のうち 4 番目に高い。そして、これまでも様々な退耕還林に関する研究の対象地として選ばれてきたことから（たとえば、Bullock and King 2011; 姚・張 2008）、本章および次章の事例として最適な地域と判断した。

2) 呉起県呉倉堡郷の概要

呉倉堡郷は呉起県を構成する第四級行政区の一つで、呉起県の北西部に位置する（図 V-2）。標高は 1,335～1,728m、年平均気温は摂氏 6.8 度、年平均降水量は 380mm で³⁶⁾、

³⁶⁾ 「呉倉堡郷 2014 簡介」（呉倉堡郷人民政府作成）による。

郷の北西から南東にかけて黄河の支流・洛河の上流にあたる乱石頭川が流れ、河岸には平坦な耕地が連続している（図 V-3）。呉倉堡郷の中心は呉倉堡村で、乱石頭川の流路沿いに立地する。行政村は呉倉堡村を含めて 17 村ある。総人口は 10,968 人、世帯数は 2,750 戸で、このうち常住人口³⁷⁾ 総人口の 51.1%にあたる 5,607 人である³⁸⁾。

交通状況は乱石頭川に沿って陝西省道 303 号線が通っている。この道路は延安市中心部から呉起県を經由して榆林市定辺県へと至る全長 278km の舗装道路で、呉起県における重要な幹線道路の一つである（呉旗県地方誌編纂委員会編 1991）。

呉倉堡郷では 2013 年までに退耕還林が 119,131 ムー（7,942.1ha）で実施された。これは住民一人当たり 10.86 ムー（0.7ha）に上り、県内で最も大きい⁴⁰⁾。なお図 V-2 の通り、伍金潤村と馮陡峁村は、1991 年の行政界では呉倉堡郷の外側に位置しているが、2013 年時点で郷人民政府は自らの所管する行政村の一つとして統計上処理している。何らかの理由で所属する郷鎮が変更になったと考えられるが、2013 年における国家統

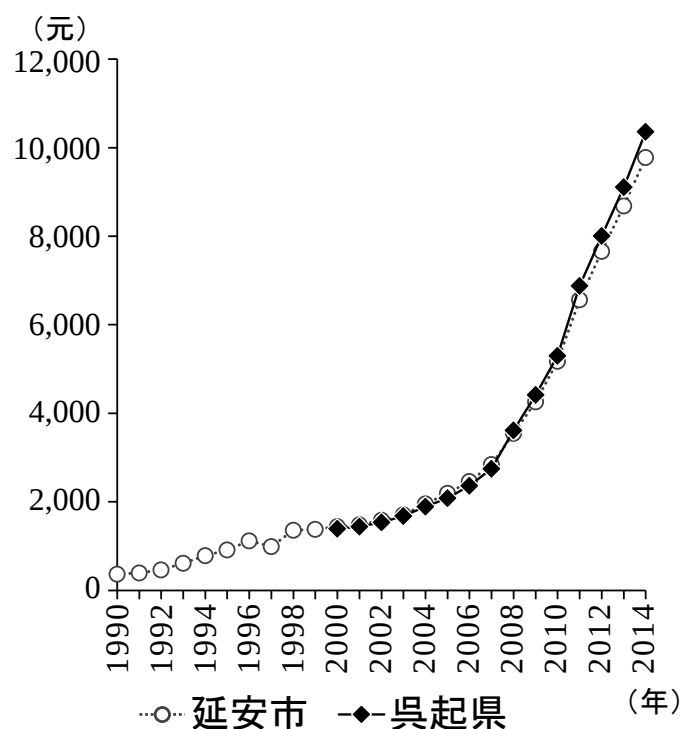


図 V-1 延安市と呉起県における農村住民一人当たり可処分所得の推移
（「陝西区域統計年鑑 2014」, 「延安統計年鑑 2014」より筆者作成）

³⁷⁾ その地域に半年以上居住している人口。

³⁸⁾ 「呉倉堡郷 2013 年年報基本情況表」（呉倉堡郷人民政府作成）による。

計局による各行政村の分類³⁹⁾は、2村の所属変更は反映されておらず、正確な行政界は不明である。図 V-2 では 1991 年の行政界を示したうえで、本章では両村を、呉倉堡郷を構成する行政村の一つとして取り扱った。

3) 研究資料

分析には呉倉堡郷人民政府により提供された「呉倉堡郷 2013 年年報基本情況表」という、行政村レベルの行政統計表を用いた。行政村ごとの土地面積、村民小組の数、世帯数、人口、党員数、常住人口、外出人口、外出労働者数、農村住民一人当たり可処分所得、耕地面積、60 歳以上の高齢者人口、学生数などの基本情報のほか、「低保」、「五保」と呼ばれる生活保障の受給世帯数や、「新農保」と呼ばれる新型農村年金保険制度の被保険者数などが記されている。

「低保」と「五保」の受給世帯は、全国で両者と特別困窮世帯を含め 3,451.9 万世帯

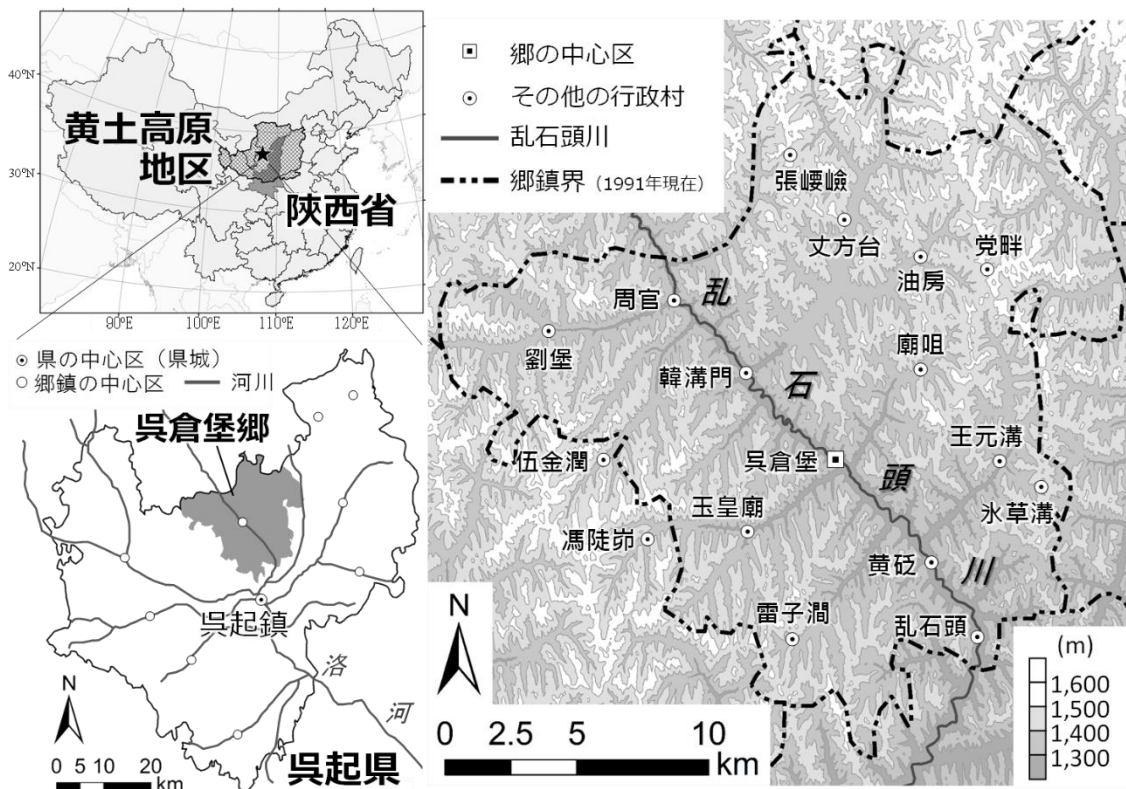


図 V-2 対象地域

標高データ: ALOS World 3D 30m. ©JAXA

³⁹⁾ 全国の社区と行政村は、国家統計局の定める「統計用区劃代碼和城鄉劃分代碼」において、それぞれ統計上の番号（代碼）と分類区分（城鄉分類）が振られている。

に上る（2007 年現在）（王 2010）。このうち「低保」は、III 章でも述べたように「居民最低生活保障制度」の略称で、日本の生活保護に該当する（朱 2014）。2000 年代後半以降の政策改善等によって、現在では農村部を含む全国の困窮者を包摂する制度となっており（朱 2014）、2007 年現在、全国 97% の県で実施されている（王 2010）。2008 年時点の一人当たりの受給金額は、地域によって異なり全国平均で 182 元／月、陝西省では平均 158 元／月で、支給対象はこれらの基準額に満たない所得者である（レイほか 2010）。一方、「五保」は法定扶養義務者がいない障がい者、孤老、孤児等を対象とし、「服装、食事、燃料、医療、年配者の死後の葬儀」の 5 つを保証する社会救済制度である（王 2010）。「低保」と「五保」を同時に受給することは認められていない（レイほか 2010）。本研究では対象とする呉倉堡郷に、「五保」に該当する世帯が極めて少ないこと、一部の行政村において「五保」の世帯データが欠落していること、統計上「五保」の対象世帯が一般的な貧困世帯とは区別されることなどから、「低保」対象世帯のデータのみを用いて分析を行った。

3. 方法

1) クラスタ分析

（1）常住人口当たり耕地面積（以下、平均耕地面積）、（2）農村住民一人当たり可処分所得（以下、平均収入）、（3）生活保護（低保）対象世帯率（以下、生活保護世帯率）の三つのデータを変数として選抜した（表 V-1）。その理由として、退耕還林が耕

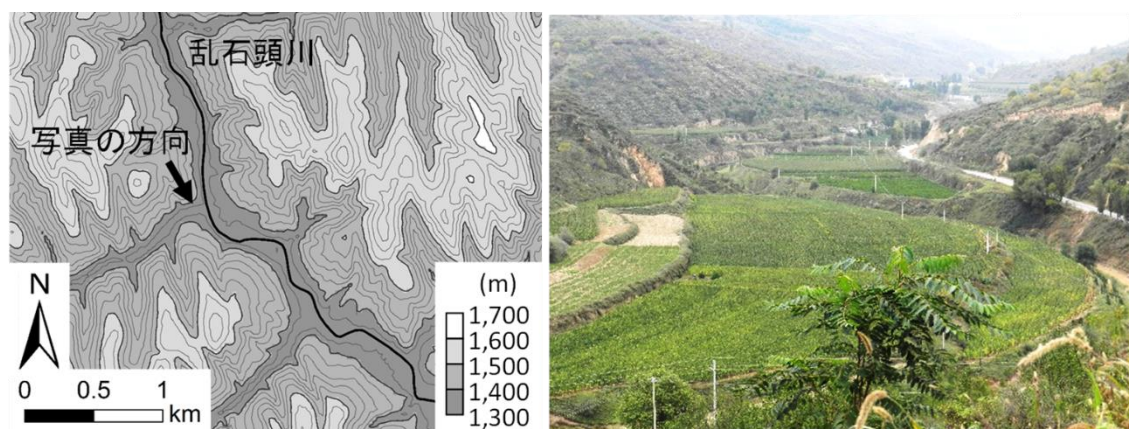


図 V-3 河岸地域の地勢と景観
標高データ: ALOS World 3D 30m. ©JAXA

地への植林，植林実施者への有期の生活補助，農業の構造調整を柱とする政策であることから，退耕還林による耕地面積減少後に定住者が有する耕地面積を調べる，現金補助が終了した後の住民の収入を調べる，生活水準の向上を目指した農業構造調整の後の貧困の度合いを調べるために，それぞれ上記の三つの変数を選択した。

その後，統計的な分析のために上記のデータを標準化した後（表 V-1），IBM 社製 SPSS Statistics 19 を使用し，全行政村にあたる 17 村を，非階層クラスタ分析（K-means 法）により分類した。群数は対象となる行政村数に偏りが少なく，かつ解釈が最も明快な 4 群とした。最後に分類結果を地図上に表現した。

2) 河岸地域の土地利用調査

2015 年 9 月に乱石頭川に並行する省道 303 号線を車で走行し，郷内の河岸地域を連続的に写真撮影する方法で河岸耕地の土地利用を把握した。また呉倉堡村，周官村では徒歩によって土地利用を確認した。次に ESRI 社製 ArcGIS を用いて IKONOS 衛星画像

表 V-1 分析に使用した社会経済データ（2013 年）

行政村	常住人口当たり耕地面積		農村住民一人当たり可処分所得		生活保護(低保)対象世帯率	
	(ha)	(標準得点)	(元)	(標準得点)	(%)	(標準得点)
周官	0.71	-0.620	13,570	2.665	16.48	-0.363
韓溝門	0.46	-1.399	9,980	0.567	10.96	-0.933
吳倉堡	0.58	-1.024	10,144	0.663	18.18	-0.187
黄砭	0.53	-1.190	10,682	0.977	21.36	0.141
乱石頭	0.81	-0.284	10,435	0.833	13.61	-0.660
劉堡	0.74	-0.502	9,161	0.089	35.15	1.566
伍金潤	0.71	-0.605	7,380	-0.952	39.24	1.989
馮陡峁	0.60	-0.967	7,470	-0.899	38.46	1.908
玉皇廟	1.13	0.754	7,196	-1.059	14.86	-0.530
雷子澗	1.12	0.702	8,717	-0.171	17.16	-0.293
張崕嶺	1.35	1.455	7,078	-1.128	17.27	-0.281
丈方台	1.52	2.015	10,132	0.656	8.45	-1.193
油房	0.82	-0.259	7,505	-0.879	30.32	1.067
党畔	1.19	0.936	8,529	-0.281	10.59	-0.971
廟咀	1.23	1.085	9,208	0.116	18.24	-0.182
王元溝	0.98	0.265	8,681	-0.192	15.38	-0.476
氷草溝	0.78	-0.362	7,289	-1.005	15.15	-0.500
吳倉堡郷	0.83		8,467		19.02	
平均值	0.90		9,009		19.99	
標準偏差	0.31		1,712		9.68	

(2009 年 9 月 21 日撮影) 上で河岸の平坦地の輪郭のみを抽出し、現地調査で収集した土地利用情報を用いて土地利用図を作成した。耕地以外の場所には該当する属性情報を付与した。最後に各属性の面積を算出した。

4. クラスタ分析の結果とクラスタの空間分布

1) クラスタ分析の結果

分類結果を図 V-4 に示す。各クラスタの特徴は、以下のように説明することができる。まず、クラスタ A は平均収入が高く、生活保護世帯率と平均耕地面積が小さい特徴がある。行政統計表と同年の 2013 年の呉起県における農村住民の平均収入 (9,110 元) を上回っているのは 17 村中 8 村で、クラスタ A の 5 村のすべてが含まれる。呉倉堡郷の平均収入は 8,467 元で県の平均を下回っており、ここからもクラスタ A が地域の中で平均収入の高いグループであることが分かる。クラスタ B は平均収入と生活保護世帯率が相対的に低く、平均耕地面積は中程度である。クラスタ C はクラスタ B と同様に、

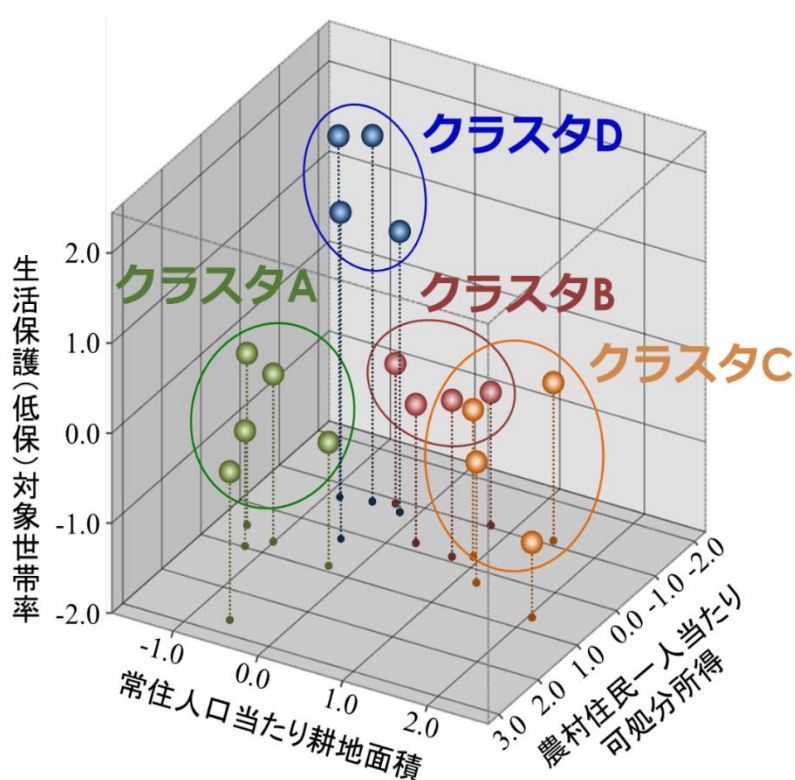


図 V-4 クラスタ分析の結果

平均収入と生活保護世帯率はともに低い水準にあるが、平均耕地面積は他のクラスタに比べて大きい。一部の村では県の平均収入を 2,032 元下回り、率にして 77.5%にとどまっていた。最後に、クラスタ D は平均収入が低く、かつ生活保護世帯率が高いグループで、平均耕地面積が小さい特徴がある。クラスタ D はクラスタ B および C と平均収入が同水準であるにもかかわらず、生活保護世帯率がいずれも 30%を上回る高い水準にあることから、相対的に世帯間格差の大きい行政村のグループであると考えられる。

2) クラスタの空間分布

クラスタ分析の分類結果を用いて、それぞれの行政村の属性を地図上に表現した（図 V-5）。その結果、クラスタ A に属する行政村はすべてが乱石頭川の流路と幹線道路に沿って立地していることが示された。また、そのほかの三つのクラスタに属する行政村は、すべて丘陵奥地に立地していた。この分布について乱石頭川の流路を軸にみてみる

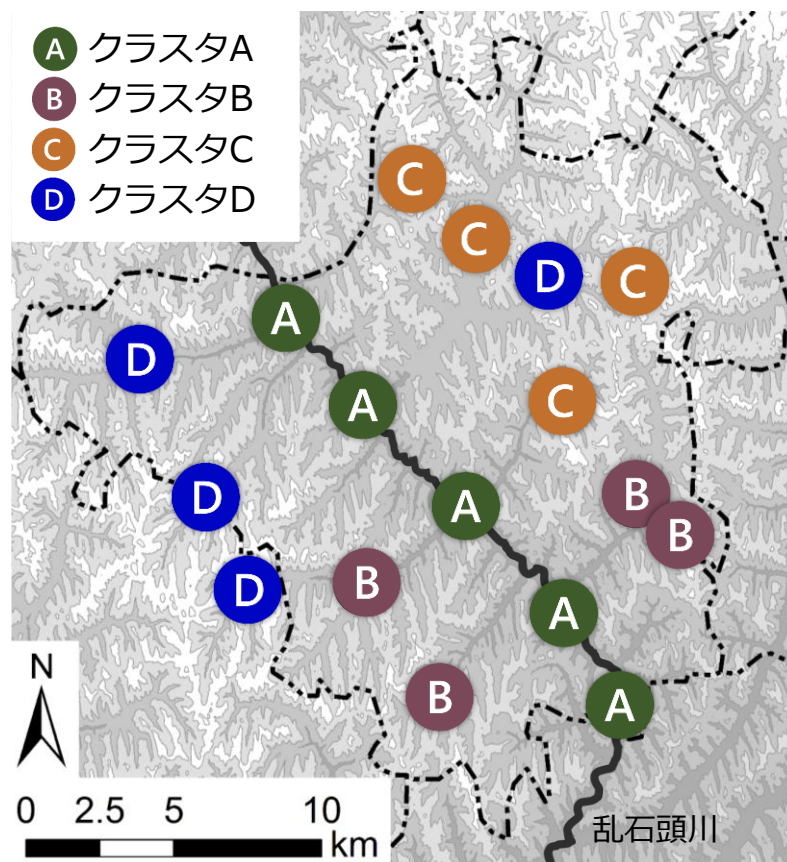


図 V-5 クラスタ分類した行政村の空間分布

標高データ: ALOS World 3D 30m. ©JAXA

表 V-2 呉倉堡郷におけるクラスタごとの外出人口率（2013 年）

内訳	外出人口率（％）		
	平均	最大	最小
クラスタ A（5）	41.9	51.2	32.7
クラスタ B（4）	52.9	67.9	43.0
クラスタ C（4）*	61.8	66.9	57.6
クラスタ D（4）	42.1	48.1	29.3
郷全体	48.9	67.9	29.3

*はクラスタ A との平均の差が 1%水準で有意であることを示す。なお、クラスタ B、D については、10%水準でも差の有意差は認められなかった。カッコ内の数値は各クラスタに含まれる村数を示している。

と、クラスタ B と D に属する行政村は河川の両岸に分布しているのに対し、クラスタ C は郷の北東にのみ集中していた。また、郷内における分布を県の中心部との位置関係でみた場合、クラスタ B は南東部、すなわち県の中心部から相対的に近い距離にあり、クラスタ C およびクラスタ D は北西部、すなわち県の中心部よりも遠い地域に分布していた。クラスタ C がクラスタ B と別に分類された理由としては、平均耕地面積の差異が挙げられるが、これは表 V-2 の通り、クラスタ C の行政村は総じて外出人口率が高く、それによりクラスタ B との間で平均耕地面積に開きが生じていたためと推察される。

以上のように、呉倉堡郷の経済的状況は、行政村の有する地理的環境によって差異がみられることが明らかになった。ここで注目すべきはクラスタ D のように生活保護世帯の比率が高い傾向にある行政村が一部の丘陵奥地に集中していることである。先述のようにクラスタ D の村ではクラスタ B や C の村に比べて生活保護世帯と他の世帯との間の格差が大きいと考えられる。加えて河岸地域の行政村では生活保護世帯の割合が低いだけでなく、平均収入も延安市や呉起県の農村部の平均値を上回っており、退耕還林による農業の構造調整やその後の生業転換が効果的に作用してきたと想定される。そこで次節では現地調査を基に、河岸地域に経済的な優位性が出現した要因について仮説の構築を試みる。なお、各クラスタにおいて、常住人口に占める 60 歳以上人口の割合は、

クラスター A で 21.5%, クラスター B で 24.6%, クラスター C で 31.1%, クラスター D (図 V-2 に示す郷の境界外に位置する 2 村を除く) で 29.1%である。また、いずれの行政村でも 60 歳以上人口の割合は 50%を下回っており、過疎高齢化は深刻な問題であるものの、現状として社会的な共同生活や生業活動の維持、行政村の存続が困難な水準にはない。

5. 農業における河岸地域の経済的優位性

農村住民の現金収入は、主に出稼ぎ労働を含む給与収入と、家族経営による収入とに大別される。延安市における農村住民の平均収入(2012 年)は給与収入が 2,148 元(24.5%)であるのに対して家庭経営による第一次産業収入は 4,930 元(56.2%)で、そのうち農業収入は 4,287 元(48.9%)と依然多くを占めている(表 V-3)。そこで本章では現地の土地利用調査を踏まえ、家族経営における河岸地域の優位性を、農業収入の点から考察する。河岸地域と丘陵奥地との間に地域間格差を生じさせている要因の一つに地形による農業的土地利用への影響が想定されることから、まず筆者らは河岸地域の土地利用を調査し、75.4%の土地利用属性を明らかにした(表 V-4)。

1) トウモロコシの栽培

河川に沿って分布する「川地」⁴⁰⁾や、チェックダムにより造成された「壩地」⁴¹⁾などの平坦な耕地は、多くが河岸地域の行政村に立地しているが、これらの耕地はより多くの水分を必要とするトウモロコシ栽培に適した場所である(安ほか 2008)。土地利用調査の結果、44.4%(属性が明らかになった平坦地の 58.9%)でトウモロコシが栽培され、ジャガイモやアワなどの栽培はわずかであることがわかった(表 V-4)。一方、斜面耕地を含む呉起県全体の農業的土地利用をみると、年度に関わらずジャガイモの作付面積がトウモロコシと同程度かそれ以上の比率を占めている(図 V-6)。これは、より

⁴⁰⁾ 「川地」とは河岸に位置する平坦な耕地のことである。ガリに沿って形成された平坦耕地を「潤地」と呼ぶ。こうした呼称は呉起県地方誌編纂委員会編(1991)に収録された統計資料でも用いられている。

⁴¹⁾ チェックダム等により土砂を堰き止め、新たに造成された耕地を「壩地」と呼ぶ。

表 V-3 延安市における農村住民の一人当たり現金収入の内訳（2012 年）

内訳	収入額（元（％））
給与収入	2,148 (24.5)
家族経営収入	5,714 (65.2)
第一次産業	4,930 (56.2)
農業	4,287 (48.9)
林業	141 (1.6)
牧畜業	502 (5.7)
第二次産業	64 (0.7)
第三次産業	720 (8.2)
財産収入	309 (3.5)
手当・年金等	599 (6.8)
総額	8,770 (100.0)

（「延安統計年鑑 2012」より筆者作成）

表 V-4 乱石頭川河岸における土地利用面積（2015 年）

用途	面積（ha（％））
農地	
トウモロコシ生産	64.2 (44.4)
ジャガイモ・アワ・マメ類生産	1.9 (1.3)
ビニルハウス	19.7 (13.6)
その他	1.2 (0.9)
樹木地	
苗木（松・側柏）	5.1 (3.5)
苗木（その他）	0.7 (0.5)
市街地等	8.7 (6.0)
工業用地	2.0 (1.4)
荒地・草地	5.5 (3.8)
不明	35.6 (24.6)
全体	144.6 (100.0)

（土地利用調査を基に筆者作成）

多くの面積を占める丘陵奥地の耕地は、多くが丘陵上の斜面耕地か平坦化された段々畑であり、河岸地域に比べて水分条件に恵まれていないため、主にジャガイモが栽培されていることを示していると考えられる。

中国で栽培されるトウモロコシには（１）他の作物に比べて少ない労働投入量，費用面でも収量を確保することができる点，（２）茎を燃料として利用することで化石燃料の代替としての役割を果たすことができる点に特徴があるといわれている（張 2014）。呉起県ではトウモロコシとジャガイモが主要な農産物であるが（図 V-6），トウモロコシの単位面積当たり収量はジャガイモに比べて 3.1 倍と呉起県における他の主要作物のなかで最も高い（表 V-5）。中国における生産者価格もまた，2011 年を除いてトウモロコシの方がジャガイモよりも高く⁴²，結果として単位面積当たりの農業収入は，トウモロコシがジャガイモやアワ，ダイズに比べて高くなる（図 V-7）。このように，トウモロコシは呉起県で作付されている主要な作物のなかで農家の収入への貢献度が高い作物であり，対象地域においても同様の特徴を有すると考えられる。また，たとえば河岸地域の行政村の一つである周官村では栽培されるトウモロコシの多くが地域で「黄玉米」

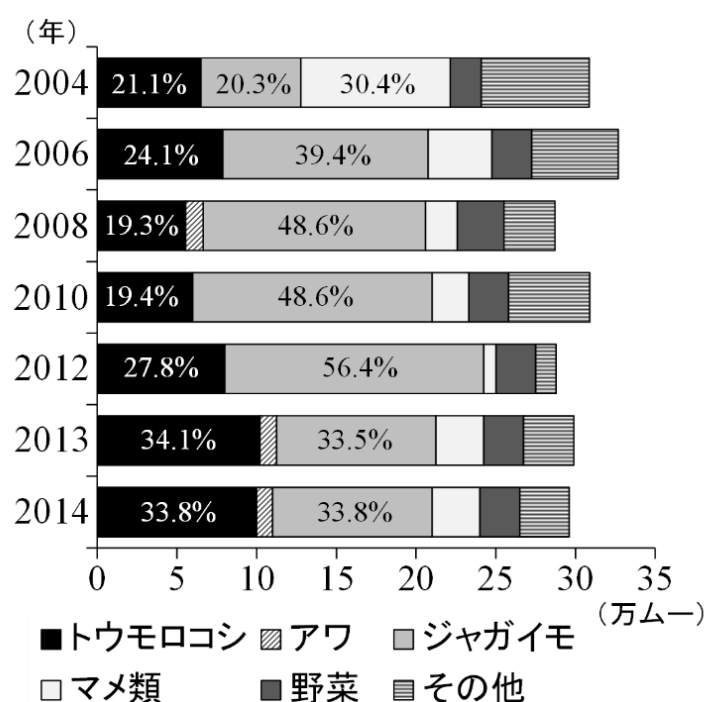


図 V-6 呉起県における作物ごとの作付面積の推移（2004～2014 年）
（各年次「延安統計年鑑」より筆者作成）

⁴² FAOSTAT による。

と呼ばれる飼料用の高収量粳種であり（図 V-8）⁴³，これを利用して畜産等の複合経営を行うことも可能である（張 2014）。そのため，トウモロコシを栽培することで農家の経営は安定化する。つまり，河川沿いの耕地ではトウモロコシの生産比率が丘陵奥地

表 V-5 呉起県における作物ごとの単位面積当たり収量

品目	単位面積あたり収量 (t/ha)
秋収穫の穀物	
トウモロコシ	6.69
アワ	0.75
その他	0.72
ダイズ	0.90
ジャガイモ	2.18
油料作物	0.90

（「延安統計年鑑 2014」より筆者作成）

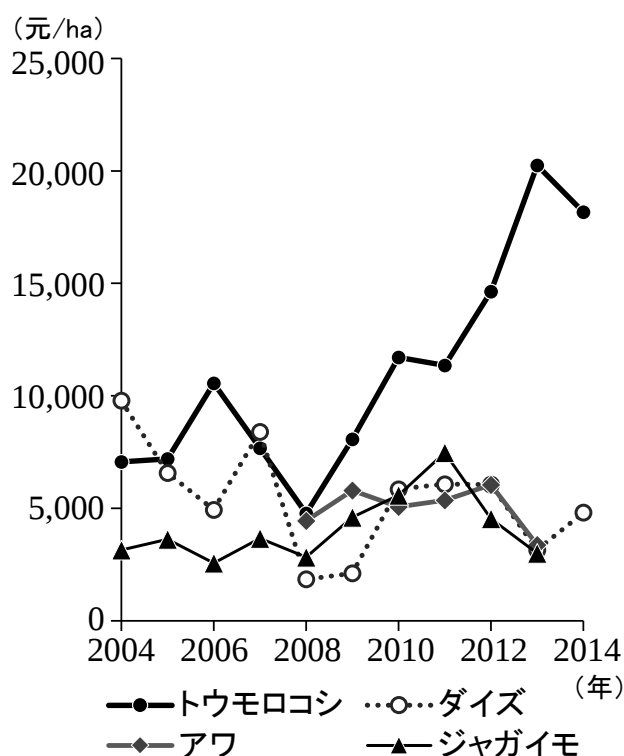


図 V-7 呉起県における主要作物の単位面積当たり収入の推定（2004～2014 年）

なお，収量に no data の年度がある場合には前年度の数値を使用した。

（FAOSTAT，各年次「延安統計年鑑」より筆者作成）

⁴³ 呉倉堡郷周官村村民委員会幹部への聞き取り調査による（2014 年 10 月実施）。

に比べて高い傾向にあり、それが河岸地域に居住する農家の農業収益性に影響を与えていると予想される。

例として下記に、河岸地域に居住する農家世帯に対する収入と農業生産に関する聞き取り調査の結果を記す。ここからもトウモロコシ生産が農家収入に重要な影響を及ぼしていることがわかる。なお当該事例は、地元の県、郷人民政府が特別に許可した調査世帯であることや、農外収入を得ることができており、収入の水準が上述の村の平均値よりも高いことから、とりわけ家計状況の良好な世帯の例であると考えられる。

・世帯 A（対象：44 歳男性，居住地：周官村趙胡同組，2014 年 9 月実施）

現在は 8 ムーの耕地でトウモロコシを生産し、年間 20,000 元の収入がある。そのほかに、農業用のトラックをもっており、それを使って運送業を行っている。運輸業の収入は年度の差が大きいですが、去年は状況が良く 30,000 元程度だった。退耕還林以前は毎年播種するトウモロコシのほか、輪作としてジャガイモを 40,000 斤程度（500～600 元程度の収入）、アワやキビ、マメ類を 1,000 斤程度収穫していた。



図 V-8 周官村で収穫された飼料用のデントコーン

なお、左下の白粒種トウモロコシは、伝統的に食用として栽培されてきた糯種で、村民委員会幹部によると当該地域ではわずかであるが栽培されている。

（延安市呉起県にて 2014 年 10 月筆者撮影）

・世帯 B（対象：48 歳男性，居住地：周官村周官組，2014 年 9 月実施）

現在はトウモロコシを年間 7,000 斤程度収穫し，7,000～8,000 元の収入になっている。そのほかに道路管理を行っており，これが年間 36,000 元の収入になっている。退耕還林以前は，トウモロコシのほかに，輪作としてマメ類とジャガイモを年間 10,000 斤程度（数千元の収入），アワやキビを 2,000 斤程度収穫していた。

2) ビニルハウスの立地と収益性

用水を確保できる平坦地に導入可能な農業施設にハウスがある（佐藤ほか 2012）。上述のようにハウスは退耕還林の一環として，営農禁止に対する農家収入減を補うべく補助金を用いて建設された例が多い。延安市ではハウス導入によって冬季に野菜栽培が可能となり（猪迫 2008），導入世帯では収入が大幅に増加している例がみられる（向・関 2009；佐藤ほか 2012）。

たとえば，向・関（2009）では延安市延長県の事例として，ハウス栽培を行っている世帯では 1 万元以上の高所得を得ている世帯も多いが，導入できた世帯はハウスの建設が可能な平坦地を持ち，村の幹部に近い有力者層にあたる村内世帯全体の 10%ほどの農家に限られていると指摘されている（向・関 2009: 104-106）。

佐藤ほか（2012）では延安市宝塔区の事例として，河岸の平坦地にはハウスが建設されており，導入した世帯ではハウスでの野菜栽培によって平均的に 5 万元程度の年収があると推定されている。対して平坦地が少ない延安市安塞県では，退耕還林の開始に際して当局がハウスの導入を奨励したが（佐藤ほか 2008），より労働生産性の高い出稼ぎを選択する世帯が多かったと指摘されている（佐藤ほか 2012）。

実際に，土地利用調査によって河岸地域である呉倉堡村と韓溝門村の平坦地に大規模なハウスが導入されていることを確認し，全体の 13.6%を占め（表 V-4），そのうち半数以上にあたる 54.3%は 2009 年以降に設置されるなど占有面積が増加傾向にあった。観察された農業施設のほとんどは中国式温室（猪迫 2008）と呼ばれる無加温温室であり（図 V-9），河岸地域に居住する世帯の一部では，こうしたハウスによって退耕還林以前に比べて高い収益が得られていると想定される。

こうしたことから，対象地である呉倉堡郷における河川の立地と農業的土地利用が，河岸地域の優位性を生じさせる要因の一つになっていると示唆される。

6. 小結

本章の分析によって、最小行政単位である郷の空間には、複数の経済的な差異を有する行政村が存在し、とりわけ河岸地域と丘陵奥地との間には、大きな地域間格差が存在することが示された。呉起県では退耕還林によって耕地面積の半数近くを緑化した結果、農村住民の所得は大きく増加してきた。そのため環境保全と農村住民の生活向上の両面で成功した地域の一つとされてきたが（姚・張 2008）、村の立地によって現状には大きな差が存在しており、河岸地域の行政村では平均収入がいずれも県や市の平均収入を上回っていた一方、丘陵奥地の行政村では県の平均収入を大きく下回っていたり、生活保護世帯率が高かったりするケースがみられた。河岸地域に農業面での経済的な優位性が出現した背景として、河川によって形成された平坦な地形とより良い水分条件が、労働生産性が高く副次的な利益が見込まれるトウモロコシ栽培やハウス建設を可能にしていると考えられる。



図 V-9 呉倉堡村 (a)、韓溝門村 (b) のビニルハウス
(2015 年 9 月撮影)

今後、本章の原因をさらに精緻化し、実証するためには、各クラスターの行政村において退耕還林による農家行動の変化を明らかにし、それが村や世帯の立地環境にどのように制約され、あるいは恩恵を受けているかを明らかにすることが不可欠である。世帯ごとの所得水準や収入と支出の内訳、生業選択の過程を定量的に把握し、行政村や村落間、時系列でデータを比較することで立地環境との関連が検証可能になると考えられる。

その際には第二次、第三次産業による影響の程度にも焦点をあてる必要があると考えられる。その理由の一つとして呉倉堡郷の河岸地域には幹線道路が通っている点が挙げられる。延安市延長県では本章の対象地と同じように「国道が村に通ったことで、道路沿いの小売や食堂経営のほか、トラックへの給水、空気入れ、タイヤ交換などの車両修理によって現金が手に入るようになった」という聞き取り調査の結果が報告されている（向・関 2009: 100-101）。呉倉堡郷を通る省道 303 号線は、寧夏回族自治区の中心地・銀川市と陝西省の省会・西安市や延安市とを結ぶ経路になっており、現地調査でも呉倉堡村や韓溝門村、周官村では往来するトラック運転手などを顧客とした小売店や飲食店がみられた。道路沿いの地域では小売業や飲食業、運輸業などの産業が成立しやすく、これらの店舗を営む世帯は農外収入を獲得できることから、幹線道路の立地が河岸地域の平均収入を押し上げる要因の一つになっている可能性も示唆される。

また、先述の通り延安市では農村住民の所得に占める給与収入の割合は 24.5%にとどまっているが、一般に中国では出稼ぎ労働など農業以外の仕事に従事している農民労働者「農民工」が約 2 億人に上るなど（鎌田 2008）、所得に占める農外収入の影響が大きくなっている。行政統計表をみると郷内の外出者の傾向は行政村ごとのばらつきが大きく、河岸地域で高い傾向を示す平均収入との相関はみられなかった。ただし、丘陵奥地の一部の村では外出者の割合が 65%を超えている場合があるなど、村による差異が大きく、とりわけクラスター C ではクラスター A に比べて外出者の割合が有意に高い傾向にあることから（表 V-2）、呉倉堡郷における出稼ぎの役割と特徴を検証すべくさらなる情報収集や分析が求められる。

以上を踏まえつつ、さらに村ごとの退耕還林の実施面積率や耕地面積、作物ごとの播種面積の変化などのデータを整理したり、衛星画像を用いて郷全体の土地利用や土地被覆の変化を把握したりすることで、退耕還林による影響を定量的に確認し証明することが重要である。加えて、呉倉堡郷以外の郷鎮や県でも事例研究を積み重ねることで、立地環境による格差、貧困構造とその改善策のさらなる一般化が可能になると考えられる。

VI 食糧生産・消費構造の変化と地域内外への影響

1. 背景

上述のように、退耕還林は食糧供給と密接不可分な関係にある。III章でも述べた通り、退耕還林では耕地の多くを緑化するため、植林実施者に対する食糧や現金の補助を、5年ないし8年の年限を設けて実施している。2007年には食糧から現金補助へと切り替えられたが、その背景には、食糧余剰が発生していた食糧生産量が全国的に減少へと転じたことが大きく関与している（元木 2013: 150-153）。こうしたことから、退耕還林の成否や課題について、食糧の生産量変化や供給の安定性、食生活に関する多くの研究が行われてきた。多くの場合、退耕還林実施地区における食糧供給上の課題はない（王ほか 2013）、あるいは小さい（国家統計局課題調研組 2004; 姚 2011, 2012）といった結論が導かれている。こうした一連の研究では、食糧需要を当該域内で自給できているかに注目することが多かったが、それはIII章で述べたように黄土高原の農業が伝統的に穀物生産を主としており、収穫された穀物の大部分が彼ら自身によって消費されていたからである（秦 2001）。そのため、農業生産のデータを用い、食糧需給を閉じた空間のなかで評価する従来の枠組みは、退耕還林以前には適切な評価手法であったと考えられる。

ただし、陝北黄土高原をはじめとする伝統的に雑穀生産が中心の地域では、退耕還林により「地域で生産が困難なコムギやコメが食生活の中心となり、生活が改善されたと感じる」という農村住民の声が聞かれているなど（何ほか 2008）、食糧消費構造に大きな変化が生じている。加えて、農業生産構造の転換にともない、アワやキビの生産が大きく減少し、飼料用トウモロコシをはじめとする商品作物栽培が増加している。つまり、当該地域における食糧需給上の特徴は、作付される作物がトウモロコシやジャガイモ、雑穀である一方、消費される穀物がコムギとコメであるために、すべてを周辺地域から賄わなければならないという構造にある（何 2009）。この構造を適切に評価し、適切に是正するためには、対象となる地域のコムギ、コメの供給元を特定し、流通形成の背景を明らかにすることが求められる。

この問題意識から、本研究では陝西省呉起県を事例として、小城镇のスーパーマーケット（以下、スーパー）に焦点を当てて、販売されるコムギとコメの供給元を特定し、

その流通形成の背景を明らかにすることを目的とする。

2. 食糧を取り巻く地域環境の変化

1) 呉起県における食糧生産・消費の変化

上述のように、呉起県における伝統的な農産物はアワ、キビで、それらが自給的に消費されてきた（呉旗県地方誌編纂委員会編 1991）。一方、2014年には、播種面積の67.6%はトウモロコシとジャガイモによって占められており⁴⁴⁾、その多くが換金用に栽培されていると考えられる。また、コムギとコメの栽培はみられない。

2) 呉起県における穀物小売環境の形成

小城镇は、市場町の機能を有し、伝統的に定期市が開催されてきた農村地域における商品流通・売買の結節地である（石原 2009）。本研究の対象となる陝西省北部の黄土高原では、雑穀が自給自足されていたことや、人口密度の低さ、複雑な地形環境による利便性の悪さ等により、中国国内や陝西省内の他地域と比べて歴史的に定期市の密度が低く（張 2008）、定期市で取引される商品も日用品や野菜などに限られ、穀物はあまり取引されてこなかった（秦 2001）。このような穀物の自給自足構造は、小城镇における商取引の主体が定期市から国営商店へと移り、さらに改革・開放によってそれが定期市へと戻って以降も大きな変化はなかったが（呉旗県地方誌編纂委員会編 1991）⁴⁵⁾、退耕還林が実施されたことで、この構造に変化が生じた。

呉起県では1984年以来、石油産業が地域の経済発展と雇用機会の創出に重要な役割を果たしてきた。一方、1999年の退耕還林以前、ほとんどの農家は農作業に専念しており、こうした雇用機会を活用することはなかった（Bullock and King 2011）。そのため1990年代は、農家は自給自足の生活スタイルを維持していた（Bullock and King 2011）。しかし、退耕還林によって雑穀の生産が減少し、代わってコムギを主とする食糧や、現金の補助が支給されたことが、日常的にコムギやコメを消費する食文化を萌芽させる契

⁴⁴ 「延安統計年鑑 2014」による。

⁴⁵ 県誌によると、呉起県では1979～1985年の間を除き、定期市でのコムギとコメの取引はみられない（呉旗県地方誌編纂委員会編 1991: 396-397）。

機となった（FAO 2011; 何ほか 2008）。『陝西省退耕還林（草）試点糧食供応暫行弁法』の規定を参照すると、呉起県を含む延安市では、コムギ 50%、トウモロコシ 50%の割合で食糧が支給されたと考えられる。加えて、耕地の多くが緑地へと転換されたため、既存の農業に従事していた住民は、代替的な収入源を求めてより収益性の高い商品作物の栽培を展開するとともに、一部の住民は県内の石油産業、建設業、運輸業等に従事することとなった（Bullock and King 2011）。こうした退耕還林による労働構造の急激な転換は、農家の現金収入の増加をもたらし、穀物消費を自給自足から貨幣による購買へと移行させる大きなきっかけとなった。

さらにこの移行を、流通の自由化や小城镇改革といった全国規模の政策が後押しした。法制度の面からみても、2001～2004 年にかけて中国の穀物流通が完全自由化され（池上 2012: 145-147）、青果物の流通に準じたシステムとなったことが（農林水産省国際部国際政策課 2010）、中国全土で穀物の広域流通ネットワークを形成させた。加えて、第十次五カ年計画（2001～2005 年）にはじまる小城镇に対する産業発展改革、社会インフラ整備の促進によって、農村地域における小城镇の経済的な影響力が拡大し（劉 2014）、1990 年代以降、大都市を中心に普及し始めていたスーパーが、全国に普及していったことで（石原 2009）、小城镇の一部でも定期市にかわってスーパーの果たす役割が拡大していくこととなった（神田・大島編 2013）。呉起県で初めてスーパーが開業したのは 2000 年のことであり、その後も店舗数は増加していった⁴⁶⁾。このようにして、退耕還林後のコムギ、コメの消費需要への対応は、小城镇におけるスーパー等の小売店が担っていくことになった。

3. 方法

まず呉起県におけるスーパーの進出状況とその立地を把握した。呉起県ではスーパーと常設農産物小売市場で販売されている青果物に対して「農産品農薬残留検測」とよばれる残留農薬の検査が県農業局により実施され、その結果が店舗と実施日ごとに県政府

⁴⁶⁾ 華商報・華商網の 2015 年 10 月 30 日付記事「一个開超市的老板为啥被稱為吳起县的“名片”？」による。記事は、呉起県で初めてスーパーを開いた男性に焦点を当てて、その過程を紹介している。

の Web ページ⁴⁷⁾ で公開されており，これを利用して，2015 年 7 月から 2016 年 4 月にかけての計 7 回の検査結果を閲覧し，当該地域にある店舗数を把握した。

そのうえで，調査するスーパーを選抜し，対象となる各店舗において，コムギとコメの販売方法，産地を観察し，情報を収集した。販売されているコムギとコメの産地標記を把握するため，7 社 10 店舗から 6 社 7 店舗を選抜し現地調査を実施した。1 社が展開する 4 店舗のうち 2 店舗を対象に選び（スーパー c, g），5 社 5 店舗を北部・南部に分散するよう立地を考慮して選んだ。期間はスーパー a, f, g については 2015 年 9 月に，スーパー b～e については 2016 年 7 月に実施した。2016 年 7 月には，県城に位置する 3 つの常設農産物市場でも同様に調査を行ったが，穀類の販売は観察されなかった。

4. 結果

1) スーパーマーケットの立地

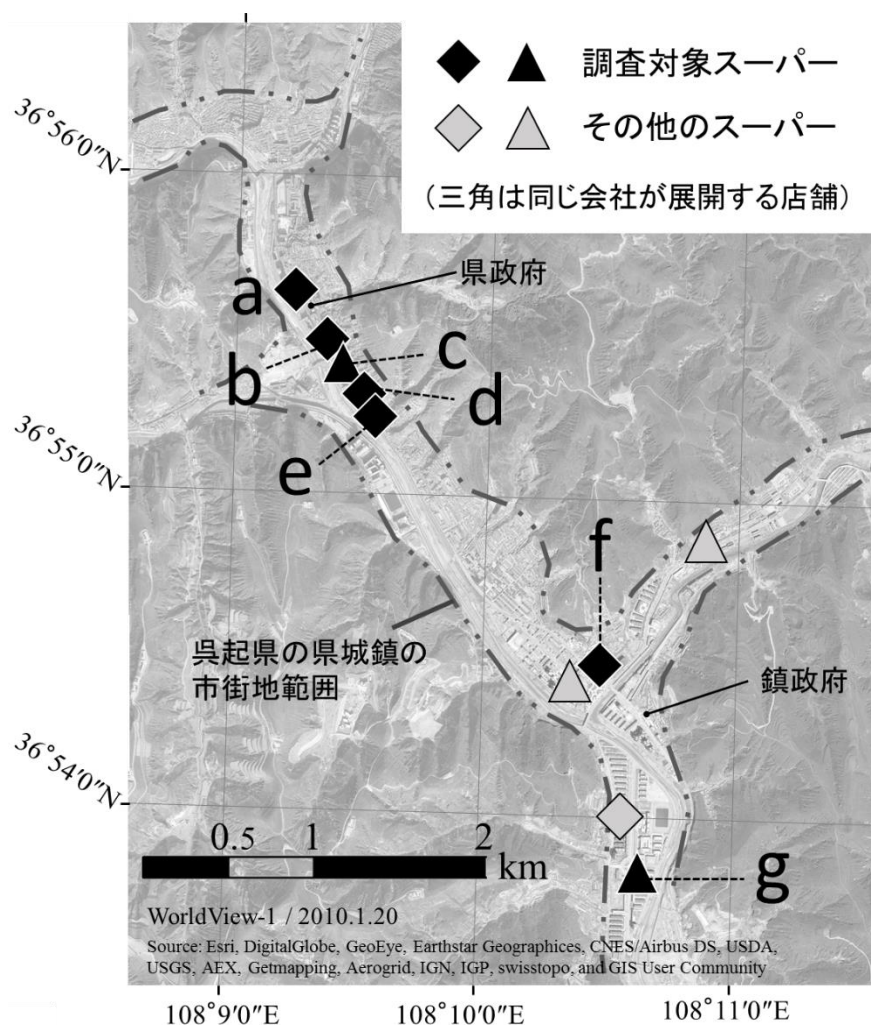
呉起県にはスーパーが 7 社 10 店舗存在し，うち 1 社が 4 店舗を，そのほかの 6 社がそれぞれ 1 店舗ずつを展開させている。すべての店舗は県政府所在地の小城鎮（県城鎮）である呉起鎮中心部に立地し，調査時点で，他の小城鎮や村区には進出していないことが明らかになった。また，国外資本による総合スーパーの進出は確認されなかった。さらに，各スーパーの立地を図 VI-1 のように市街地レベルでみると，県政府が立地する市街地北部に 5 店舗，鎮政府が立地する南部に 5 店舗がそれぞれ分布し，北部では各店舗が比較的近くにまとまって，南部では分散していることがわかる。

対象地域では，県城鎮には複数のスーパーが参入し，中国の他の地方小都市と同様に，農産物流通の近代化，大規模小売業の展開がみられ，複数の企業が進出する競争環境にある都市的な発展段階にある一方で，大都市で指摘されるような国外資本の進出はみられなかった。加えて，県城鎮と他の小城鎮の間には，スーパーの進出段階に差があることが明らかになった。

⁴⁷⁾ 呉起県人民政府. 政務公開 <<http://www.wqx.gov.cn/news/snxx/index.html>> (2016 年 5 月 27 日最終閲覧)

2) 産地の動向と店舗間の比較

調査の結果、3つの店舗すべてで、コムギとコメが販売されていることがわかったが、それらは周辺地域で収穫されており、呉起県や延安市内で生産、加工された商品は観察されなかった⁴⁸⁾（表VI-1, 2）。主な販売方法は、5kg や 10kg など基本単位とした商品で、小麦粉や精米として加工されていた。商品の数は、表VI-1, 2 に示すように店舗数にばらつき、傾向がみられ、スーパーf, g では小麦粉、精米ともに十数種類の商品が販売されていたが、スーパーa と b では精米が十数種類であるのに対して小麦粉は一桁、



図VI-1 呉起県中心部におけるスーパーマーケットの立地

⁴⁸⁾ 延安市中心部（宝塔区）には、「延安恒豊制粉株式会社」という小麦粉加工工場が 2008 年に設立されており、小麦粉加工工場として宝塔区で唯一、かつ延安市内で最大の規模を誇る。当社 Web ページ<<http://www.yahfmf.com/page/html/company.php>>（2016 年 9 月 22 日最終閲覧）

スーパーc, d, e は精米、小麦粉ともに一桁の種類しか販売されていなかった。各店舗における小麦粉と精米の商品数を比較すると、スーパーcを除く6店舗で精米の商品数が小麦粉の商品数を上回っていた。

a) 小麦粉の産地

小麦粉の産地は寧夏回族自治区（主に寧夏平原）、黄淮海平原、陝西省中部の関中平原の3か所であった。表VI-1の通り、小麦粉の商品数は32種類で、そのうち22種類が寧夏産のものであった。また、すべての寧夏産の小麦粉が寧夏にある加工企業によって小麦粉に加工され出荷されていることがわかった。スーパー別にみると、寧夏に偏った傾向はスーパーc, f および g において顕著で、スーパーa, b, d, e では小麦粉の商品数自体が少なかった。そのほかの産地として3つの店舗で黄淮海平原産の商品が、5つの店舗で関中産の商品が観察されたが、商品数は計3種類と少なく、多くを占めている店舗はなかった。

b) 精米の産地

精米の産地は寧夏、東北部（黒龍江省、吉林省、遼寧省）、タイ、カンボジアの4か所であることがわかった。表VI-2の通り、精米の商品数は48種類で小麦粉よりも多く、そのうち24種類が寧夏産、14種類が東北部産であった。スーパー別にみると、スーパーfでは寧夏産の商品数が他の産地に比べて圧倒的に多かったが、そのほかの6つのスーパーでは寧夏と東北部の商品数がほぼ同数であった。また、スーパーa, b, g ではタイ産米がみられた。このタイ産米は計6種類の商品が観察され、それぞれのスーパーが異なる種類を販売していた。また、それらは広東省（広州市、深セン市）にあるタイ米輸入業者を経由していた。コメの種類は、中粒種と長粒種がみられたが、なかでも香り米は輸入米を含めて全体の47.9%（23/48）に上り、寧夏産の41.6%（10/24）、東北部産の42.6%（6/14）を占めた。加えて、東北部産の香り米には、黒竜江省の水稲生産基地で栽培、収穫され、タイ風味という名で販売されている商品がみられた（スーパーb）。

表VI-1 呉起県のスーパーで販売される小麦粉の商品数と産地

産 地	店 舗							計
	a	b	c	d	e	f	g	
寧 夏	2	3	7	1	0	12	13	22
黄淮海	1	2	0	0	0	0	2	3
河北省	1	2	0	0	0	0	1	2
山東省	0	0	0	0	0	0	1	1
関 中	1	3	0	1	1	0	1	3
混 合	2	1	0	3	3	0	2	3
不 明	0	0	0	0	0	1	0	1
合 計	6	9	7	5	4	13	18	32

(店舗での観察調査の結果を基に筆者作成)

表VI-2 呉起県のスーパーで販売される精米の商品数と産地

産 地	店 舗							計
	a	b	c	d	e	f	g	
寧 夏	6	5	3	4	3	13	8	24
東北部	6	6	2	4	5	2	6	14
タイ	1	1	0	1	0	1	3	6
カンボジア	0	1	0	0	0	0	0	1
混 合	0	0	0	0	1	0	0	1
不 明	1	1	0	0	0	0	2	2
合 計	14	14	5	9	9	16	19	48

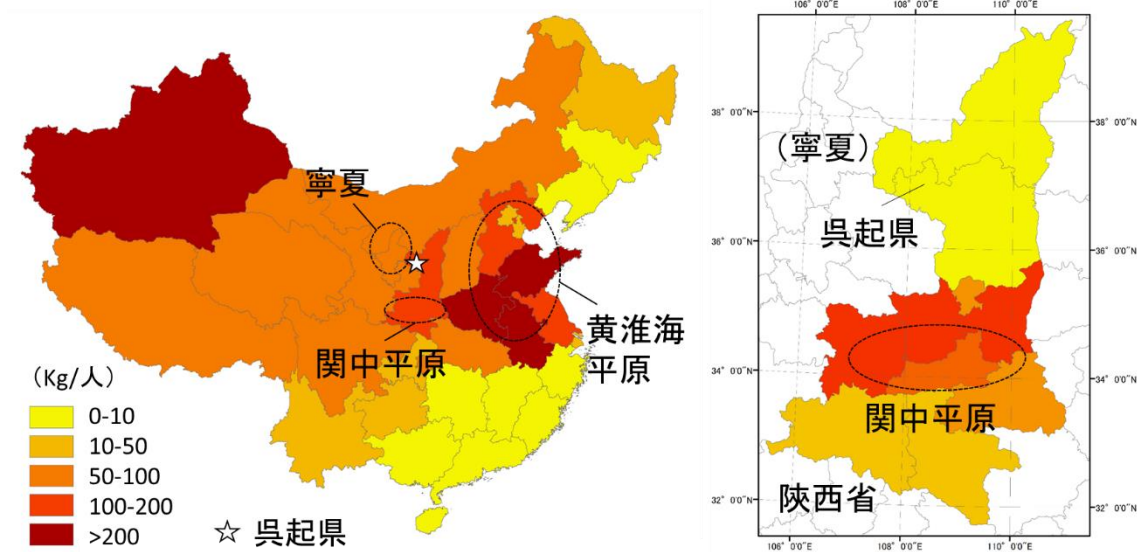
(店舗での観察調査の結果を基に筆者作成)

5. コムギ・コメ生産地の地域特性とその背景

広域流通の進展と、住民生活の貨幣経済化にともない、さまざまな産地の商品が流通するようになったことは当然といえるが、ここで注目すべきは、その産地がいくつかの傾向を示している点である。以下では、コムギとコメの産地を、呉起県との地理的な距離から、近隣地域、国内遠隔地、国外地域の3つに大別し、その特徴と背景について考察する。

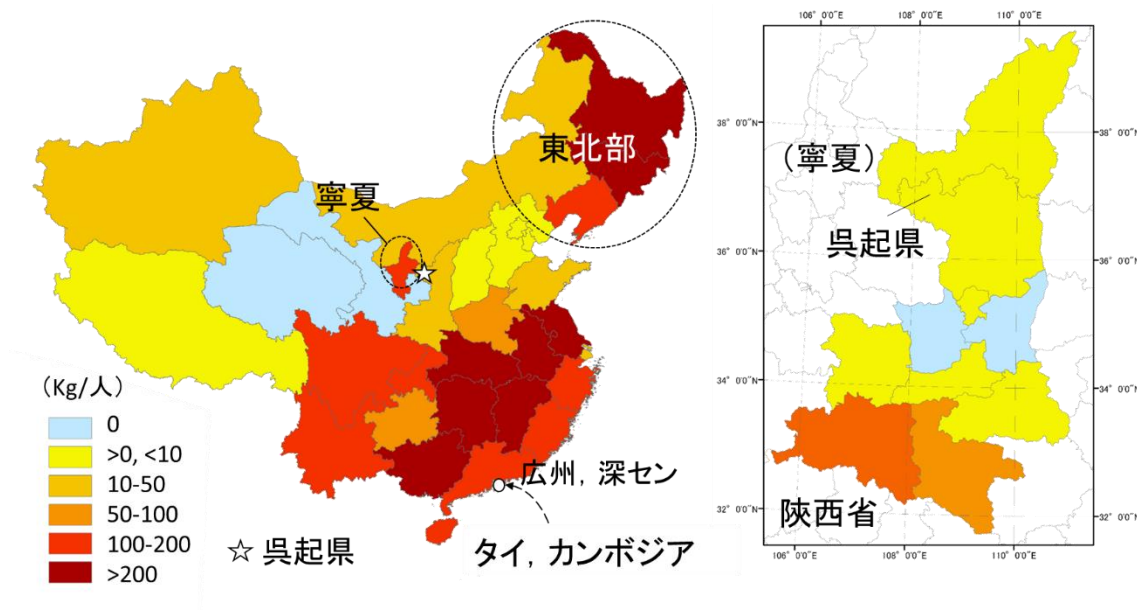
1) 近隣地域からの供給

まず、近隣地域の供給元の特徴について考察する。ここでいう近隣地域とは、寧夏と、陝西省内の関中の2地域である。両地域はともに全国規模の主要穀物産地ではないが（亢 2014）、古来より黄河中上流域の代表的な灌漑穀倉地域である。現在でも一人当たりのコムギ生産量は多く（図VI-2）、寧夏に関しては、コメの生産量も周辺地域よりも多い（図VI-3）。そのなかで、寧夏産の小麦粉の商品数が関中産に比べて圧倒的に多く観察された理由は、呉起県との地理的近接性にあると考えられる。寧夏は呉起県とは異なる自治区・省であるが、両地域の距離は近く、中心地の銀川とは直線距離で250kmを下回る。一方で呉起県の属する陝西省中部一帯である関中と呉起県との距離は、延安を経由した直線距離で350kmを越え、かつ両地域の間には起伏の大きい黄土高原が広がっており、実際の距離はその倍近くにも上る。関中での販売状況と比較すべく、2015年9月の呉起県での調査と同時期に、関中に位置する陝西省咸陽市楊陵区のスーパー（好又多超市）において同様の調査を行ったところ、販売されている小麦粉は、近隣の県や県級市をはじめとする関中平原で生産されたものが多く、全商品の70.0%（14/20）を占め、黄淮海平原で産出された商品は20.0%（4/20）であった。精米は東北部産が多く77.5%（31/40）を占め、寧夏や、広東省、タイのものは少量であった。こうしたことから、小麦粉は、行政区域による結びつきよりも、より迅速かつ安価に届けられることができる地理的近接性が大きく影響し、結果として呉起県では寧夏の小麦粉、精米が多く流通していると考えられる。



図VI-2 中国および陝西省の一人当たりコムギ生産量と、本調査で観察された小麦粉産地の場所

(「中国区域経済統計年鑑 2012」, 「陝西統計年鑑 2012」掲載値と、調査結果を基に筆者作成)



図VI-3 中国および陝西省の一人当たりコメ生産量と、本調査で観察された小麦粉産地の場所

(「中国区域経済統計年鑑 2012」, 「陝西統計年鑑 2012」掲載値と、調査結果を基に筆者作成)

2) 国内遠隔地からの供給

本調査で観察された小麦粉の供給元である黄淮海平原と精米の供給元である東北部は、呉起県からは直線距離でも 500km 以上離れた遠隔地である。とりわけ、東北部は呉起県にとって 1,000km 以上も離れた地域であるが、どの店舗でも東北部の商品が並んでいた（図VI-2）。一方で、地理的には東北部よりも近く、中国最大の稲作地域である長江中下流域（図VI-3）で収穫、加工された精米はみられなかった。このような、黄淮海平原や東北部で収穫、加工された商品が流通している一方、長江中下流域で収穫されたコメの流通がみられなかった背景には、中国全土スケールの食糧供給ネットワークが関係していると考えられる。中国における穀物の主要産地は、東北部（主要生産穀物：トウモロコシ、コメ、ダイズ）、黄淮海平原（コムギ、トウモロコシ）、長江中下流域（コメ）の3地区で、新疆（コムギ）を加えることもある（亢 2014）。全国への供給量は上記の3地区が 85.5%を占めており、コムギでは黄淮海平原が全国生産量の 50%以上を占めている（胡ほか 2006; 亢 2014）。ただし、この3地区が穀物を供給している圏域は異なっており、黄土高原を含む中国北方地域では、コムギは黄淮海平原で生産された商品が、コメは主に東北部で生産された商品が供給されている。図VI-3 が示すように、中国におけるコメの最大生産地は長江中下流域であるが、ここで収穫された商品は、基本的に長江中下流域内の需要に対応しているため、一般的に中国北方地域には供給されていないとされている（亢 2014）。スーパーでみられた小麦粉や精米の産地の傾向を考察すると、小麦粉、精米ともに、呉起県は、他の中国北方地域と同様の特徴を有しているといえる。ただし、その影響力という点では、黄淮海平原の小麦粉と東北部の精米の構成比には大きな隔たりがあり、小麦粉が遠隔地の影響力が小さく近隣地域の影響が大きいのに対して、精米は近隣地域に並ぶ影響力を国内の主要遠隔地が有していると考えられる。

3) 国外からの供給

本調査では、7 店舗中 5 店舗でタイ産のコメが 1~3 種類販売されており、合計で 6 種類の商品が観察できた。また、スーパーb ではカンボジア産のコメが 1 種類販売されていた（図VI-4b）。これら 7 種類はすべて香り米であった。本研究の結果は、黄土高原でも広域流通の発展にともなって、東南アジアの輸出産業の影響がみられたことを

示しているが、その理由は、コメの品種から中高所得者層を中心とする消費者ニーズにあると思われる。その根拠として、下記のような 1990 年代以降の経済成長と消費者の高級志向への移行との関係が挙げられる。

中国は世界のコメ生産量の 30%を占める生産国であり輸出国でもあるが、同時に毎年タイから数十万トンのコメを輸入している。かつコメの輸入先の 90%以上がタイであり、すべてが香り米である（2007 年）（宮田 2011）。その理由を宮田（2011）は、中国の経済成長にともなう中高所得者層の増加と食生活の変化であると指摘している。すでに香港で高級米として定着していたタイ産香り米が、1990 年代から 2000 年代にかけて、経済成長によって中高所得者層が高級志向に移行していくなかで彼らの食生活に取り込まれていった。本調査の結果は、呉起県でも中高所得者層が形成され、食の嗜好が多様化しているとともに、中国の都市部で拡大してきた食生活の変化と、豊かさの証としての「タイ」ブランドの認知度が、呉起県の県城鎮にも波及してきていると推察できる。とくに、中国におけるタイ産香り米需要の 8~9 割が広東省に集中しているとされる中、中国北方内陸の小城鎮でも需要が生み出されつつあることは興味深い。加えて、東北部で収穫された精米が「タイ風味」として売り出されていたことや（図VI-4a），



図VI-4 呉起県のスーパーで販売される黒龍江省産の「タイ風味」米 (a) およびタイ産 (b 左)、カンボジア産の香り米 (b 右)

(2016 年 7 月筆者撮影)

販売される精米のうち 40%以上を香り米が占めていたこと、カンボジア産香り米（図 VI-4b）がみられたことは、価格高騰するタイ産香り米に代わる中国産香り米の栽培や、中国の需要に対応した 2000 年代後半以降の東南アジアにおける香り米栽培の拡大が背景にある（宮田 2011）。こうしたことから、呉起県の県城鎮では、高級なタイ産の香り米に加えて、より手ごろな香り米への需要も生まれていると推察される。

6. 食糧消費量の規模の推定

最後に、呉起県の住民が消費するコメや小麦粉の量が、食糧供給元にとってどの程度の経済的、生態的影響を及ぼしうるのかを検討する。

呉起県や延安市において住民がどの程度食糧を消費しているのかを示す統計データは、公開されていない。そこで、同じく陝北黄土高原に属し、北接する榆林市および定辺県の状況を確認すると、2014 年の榆林市におけるマメ類、イモ類を除く穀物の消費量は一人当たり年間 129.3kg で、最も多い佳県では 177.4kg、最も少ない神木県では 113.0kg、定辺県では 117.8kg である。そこで呉起県における一人当たり消費量を 110kg～140kg/年と仮定して食糧需要を推定すると、同年の県の常住人口が 147,600 人であるため、年間 16,236～20,664 トン程度の穀物が消費されていると考えられる。この量は、寧夏回族自治区全域のコメ生産量の 2.6～3.3% (2,050.0～2,609.1ha)、コムギ生産量の 4.0～5.1% (5,105.7～6,498.1ha) に相当する。

さらに、陝北黄土高原全体でみると、榆林市では年間 436,523 トン、延安市では年間 243,573～310,002 トン程度の食糧需要が存在する。これは同年における寧夏回族自治区全体のコメ生産量の 1.1～1.2 倍、コムギ生産量の 1.7～1.8 倍にも上る膨大な量である。

7. 小結

呉起県では県政府所在地の小城鎮である県城鎮に、都市部で影響力を拡大していたスーパーが進出し、市街中心部にまとまって複数立地している傾向が示された。一方、他の小城鎮においてスーパーは展開しておらず、その進出状況には差がみられた。また、

スーパーで販売されている小麦粉と精米の産地を調査した結果、産地の傾向は、寧夏をはじめとする近隣穀倉地域、呉起県からは遠隔地にあたる中国北方地域の代表的な食糧生産地域、そしてタイ等の国外の香り米生産地であることが明らかとなった。

それぞれの生産地域からの流通が形成された背景として、国内産地からの供給が、主に生産地と消費地との地理的近接性や、中国北方地域の広域流通ネットワークによって説明される一方で、国外から輸入された商品については、所得の向上にともなう需要の変化が考えられる。以上のように、当該地域では農村の中で食糧需給が完結していた状況は変容を遂げていた。とくに、タイ産の香り米など、品質やブランドといった付加価値に対する消費者の注目も萌芽しているなど、住民の需要は多様化しつつあるといえる。

加えて、III章でも詳述したように、本章で明らかになった当該地域の主要な食糧供給元は、現在農業生産に関して水資源に対する重大なリスクを抱えており、今後生産量が減少する予測も示されている。そのため当該地域では、飼料用トウモロコシやジャガイモが生産されているため飢餓問題の再発は依然低いと考えられるものの、現在の生活水準や食生活を維持、向上させる際には、今後食糧の安定供給や価格面で、呉起県の農村世帯が悪影響を受ける可能性が懸念される。

本研究の結果を踏まえると、退耕還林後の呉起県では、食糧供給の点で考慮すべき空間範囲が変化している。ゆえに当該地域において食糧供給の安定性を正確に評価するためには、本研究が明らかにしたコムギ、コメの供給元と流通形成の背景を考慮した、食糧の生産と供給のマネジメントやモニタリングが求められる。

VII おわりに

本論文では、砂漠化対処の方法として採られた農業生産構造の転換に着目し、歴史的な経緯を踏まえたうえで、(1) 環境負荷、(2) 住民生活、(3) 食糧供給の各方面から、その効果と課題を明らかにした。本章では本論文が明らかにしたことを整理し、その空間代表性について議論を展開したうえで、今後の課題改善に向けた方向性について検討する。最後に、本論文の意義と課題を述べて結論とする。

1. 本研究で明らかになったこと

1) 黄土高原地区における「砂漠化」の成り立ちと対処

III章では、黄土高原地区全体を対象に、関連諸分野の先行研究の成果と各種統計情報から、当該地域における砂漠化・土地劣化問題の形成過程と改善策の実施状況を網羅し、体系的に把握した。

このうちIII-1では、(1) 定住農耕社会と牧畜型農耕社会(遊牧社会)の形成、(2) 両者の対立構造と境界地域における軍事目的の人口増加が、斜面への開墾の拡大と食糧不足を引き起こしたこと、(3) 民国期における旱魃、中央政権の弱体化と社会の混乱、および中華人民共和国・計画経済期における旱魃、分配の不平等、勤労意欲の低下等が、食糧事情の改善を難しくしたこと指摘した。

III-2では、上記の課題改善に向けて、(1) 民国期以降、黄土高原地区の自然環境と社会状況の把握、対策推進のための研究や人材育成が進んだこと、(2) チェックダムの造成と沃地でのトウモロコシ栽培の導入、高収量品種とマルチの導入によるトウモロコシの増産が、国内の食糧事情の改善と乳児死亡率(IMR)の低下、下流への土砂流出量の減少に貢献したこと、(3) 食糧事情の改善によって「三農問題」が顕在化したこと、(4) 食糧事情の改善によって、前近代に拡大した耕地に対する抜本的な土地利用改革が可能になり、かつ「退耕還林」、「西部大開発」、各種の所得補償政策が実行されたことで、植生の回復と平均所得の向上が進んだことを指摘した。

III-3では、退耕還林後の社会状況について、(1) 政策にうまく適応できない世帯が

一定数存在し、対処法としての半強制的な移住政策にも課題が多いこと、(2) トウモロコシ栽培の拡大によって水不足が発生し、冬小麦との二毛作地域ではトウモロコシの一毛作化が進行していること、また複数の研究で「トウモロコシ一毛作化」が推奨されていること、(3) 黄土高原地区の多くの地域で化学的な水質、土壌、食品汚染が発生していることを指摘した。

2) 農業生産構造の変化が化学肥料・農薬消費量の増加に及ぼした影響

IV章では、陝北黄土高原を対象に、重回帰モデルを用いて化学肥料および農薬使用の地域間、年度間の差を説明する因子を抽出した。その結果、農薬では、リンゴ栽培の影響が極めて大きいことが示され、リンゴ園での農薬削減の取り組みが地域の農薬汚染の改善に強く寄与すると示唆された。化学肥料では、多くの養分を必要とするリンゴ栽培に加えて、加工・換金を主目的とするジャガイモやトウモロコシ栽培の面積と頻度の増加、土壌肥沃度の維持・向上に有用な役畜やヤギの排泄物の減少、伝統的に輪作され、自家消費されてきたアワ・キビ栽培の縮小等が、強く影響していることが示された(原・西前 2018)。

3) 黄土丘陵における河岸地域の経済的優位性と村間格差の実態

V章では、陝西省呉起県の一地域を事例に、各種社会経済データを用いたクラスタ分析を行った。クラスタ分析の結果と行政村の空間立地に着目することで、河岸地域の経済的優位性が抽出された。現地での土地利用調査から、こうした経済的優位性が生まれるのは、飼料用トウモロコシの栽培やビニルハウス導入などが要因であることが推察された。一方で、丘陵奥地の行政村では、退耕還林による農業生産構造の変化や各種農村支援策の後も、低い平均収入や高い生活保護世帯率などが課題として存在していることが明らかになった(原ほか 2017)。

4) 食糧生産・消費構造の変化と地域内外への影響

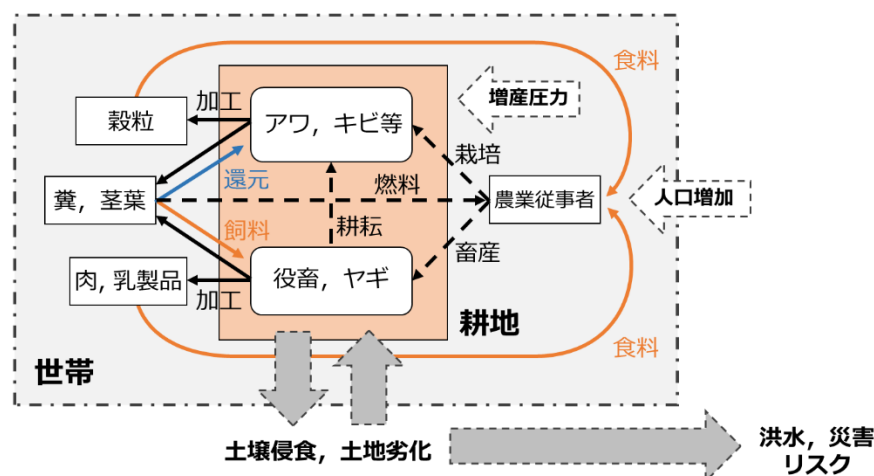
VI章では、陝西省呉起県を事例に、小売店で販売されるコムギ、コメの供給元を調査

した。その結果、コムギ、コメの供給元は、近隣穀倉地域である寧夏平原と関中平原、遠隔地となる全国規模の生産地である黄淮海平原と中国東北部、香り米を生産する東南アジアの稲作地域（タイ、カンボジア）の3つに大別できた。また、こうした流通が形成された背景として、生産地と消費地との地理的近接性、全国規模の流通ネットワーク、所得増加による食の嗜好の多様化が示唆された（原ほか 2016）。加えて、現在の食糧消費量を基にして、外部で生産されたコムギ、コメに、現地の食生活が完全に依存した場合の供給元への影響を試算した。その結果、陝北黄土高原の榆林市、延安市で消費されることになる穀物は、寧夏回族自治区全体のコメ生産量の 1.1～1.2 倍、コムギ生産量の 1.7～1.8 倍に上ることがわかった。

2. 呉起県における「農業生産構造の転換」の総括

本論文で明らかになった点を踏まえ、呉起県における農業生産構造の転換を総括する。図VII-1 のように、呉起県では伝統的にアワ、キビをはじめとする雑穀生産が行われ、収穫されたアワやキビが自給的に消費されてきた。また、ロバやラバが役畜として飼育され、耕耘や運搬、製粉の原動力として用いられた。その際には、輪作システムが土壌肥沃度の低下を抑えるとともに、家畜由来の排泄物が耕地の肥沃度を高めることに貢献

以前の農業生産構造

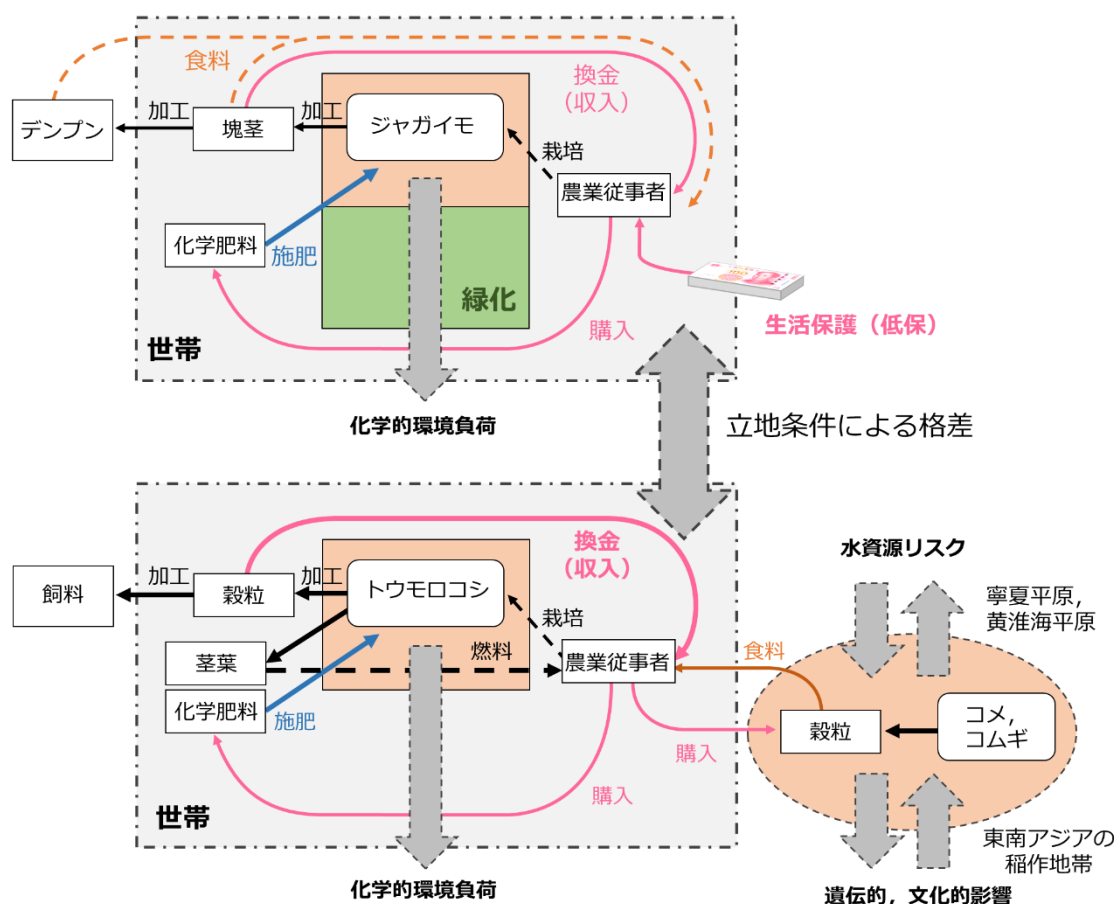


図VII-1 呉起県における 20 世紀後半以前の農業生産構造

したと考えられる。一方で、粗放的な雑穀栽培は、急速な人口増加に対して十分に対応することが難しく、耕地の拡大が土壌侵食を誘引し、災害リスクを高めることにもつながった。

21 世紀初頭の現在は、農家は減少した耕地に生産量の多いトウモロコシやジャガイモを栽培し、かつそれらを加工、販売することによって現金収入を獲得している（図VII-2）。トウモロコシの栽培拡大は飢餓・食糧不足のリスクを大きく低減させることに貢献し、さらに肉食需要が増加することによって飼料・換金化が進むと、農家の有力な現金収入源になった。加えて、トウモロコシの茎葉は燃料としての利用価値が高く、燃料購入費を抑制することができ、栽培農家の家計収入の一助となった。獲得した現金収入の一部は、化学肥料の購入に充てられ、トウモロコシ生産量の増加を後押しした。食生活の面では、雑穀栽培を行っていた斜面耕地の緑化、現金収入の増加、食糧・現金

現在の農業生産構造



図VII-2 呉起県における現在の農業生産構造

の補助などを契機として、農家は徐々にコメやコムギを購入するようになり、小売店の展開も盛んになった。

一方で、トウモロコシは水分条件に恵まれた一部の耕地だけで栽培され、丘陵奥地の村落では、ジャガイモを中心とする農業が展開された。中でも、出稼ぎ労働者の多い村では貧困世帯の割合は少なかったが、そうでない村々では現金収入を獲得する機会が少なく、結果として格差が顕在化するようになった。このように、トウモロコシ栽培の恩恵は、一部の河岸地域世帯に限られていた。また、換金用のトウモロコシやジャガイモの生産地では、生産量の増加を目指して、作物が必要とする養分量を上回る施肥が行われ、地域の生態系に新たな環境負荷を及ぼすようになった（図VII-2）。

3. 成果の空間代表性と地域性

II章で示した一連の図を基に、黄土高原地区における地形、気候、および農業生産の地域的特徴を再度確認すると、多数の行政区では、呉起県と同様に「塬」や「峁」を中心とした黄土丘陵地形が卓越し、温帯森林草原地帯に属し、かつ類似の自然環境下でイモ類栽培とトウモロコシ栽培を中心とした農業を展開していることがわかる。そのため、こうした地域では、他の行政区でも（1）平坦な河岸耕地でトウモロコシの栽培やハウスの展開が、丘陵地でイモ類の栽培が行われていること、（2）トウモロコシやジャガイモの生産量を毎年維持、増加させるために過度な化学肥料の施与が行われていること、（3）生活状況の苦しい世帯が丘陵の奥地に多く存在していること、等が予測される。

以上の結果は、温帯森林草原地帯の黄土丘陵に対して、村や世帯の立地環境に応じた生活状況の把握および支援の重要性を提起するとともに、課題改善における地形的制約、伝統的な農業生産構造に対する再評価の必要性を強く示唆している。とくに、晋西、隴東、寧南の各地域では、県全体の平均所得が依然として低い水準にとどまっており、より効率的、網羅的に貧困層を削減し、かつ環境負荷を低減するための重要な措置が必要であることを示すことができた。このうち、晋西黄土高原の黄河本流に近い地域では、気候が比較的湿潤温暖なことから、対岸の陝西省のようなナツメ栽培による貧困・格差対策が可能であると考えられる。当該地域では陝北黄土高原に比べて果樹栽培が限定的であり、本提案は、今後の発展の余地も大きいと考えられる。

一方で、上記以外の地域では異なる対応が求められる。たとえば陝北黄土高原南部のリンゴ主産地では、適切な農薬、化学肥料の施与管理とともに、個々の果樹に必要な養分量を与えつつ流域環境への汚染が深刻化しないよう、域内のリンゴ栽培面積や果樹園の配置を再検討することが求められる。またその際、陝北黄土高原では地域環境が許容できる有機質肥料の余地が依然として大きいことから、畜産業を振興し、家畜糞を含む有機質肥料の利用を促進することが、化学的環境負荷の低減に対して有効な手段になると考えられる。

寧夏平原や山西省、陝西省の各沖積平原では、灌漑によって水資源の消費量を増加させており、地下水位の低下や塩類集積、コムギ栽培面積の縮小を誘引している。そのため、水資源利用量を適正化できる農業生産構造への見直しが急務である。

4. 課題改善の方向性に関する提案

1) 短期的な対応

呉起県で取り組むべき最も喫緊の課題は、丘陵奥地の貧困問題を含む村間格差の是正である。農村支援の際には、リンゴ栽培の環境影響に注意しなければならない。リンゴ果樹園は呉起県でも徐々に増加しているが、IV章で述べたようにリンゴはより多くの土壌養分量と細やかな病虫害の防除を必要とするため、主産地では化学肥料や農薬の施与によって流域環境の汚染が顕在化している。陝北黄土高原の南部や黄河本流沿岸以外の地域は、降水量が少なく、より寒冷な気候のため、リンゴ栽培には不向きであること（延安市林業誌編纂委員会編 2011）も考慮すると、当該地域の自然環境、経済状況に必ずしも良好な影響を与えないと推察される。

丘陵奥地への支援の方法論としては、第一に近隣地域への就労が挙げられる。その理由として、V章のクラスタ C に分類された村落が、クラスタ D で分類された村落と同様に丘陵奥地に立地するにもかかわらず、相対的に生活保護世帯が少なかったのは、外出人口の割合が他のクラスタより有意に多かったためとも考えられるからである。ただし、都市部で農外収入を獲得することは、III章で示した、「生態移民」政策における、自然環境の保護と貧困層の削減を目的とする半強制的な移住政策の課題と同様に、貧困な農家ほど新たな環境に適応することが難しいという課題も存在している。

以上を踏まえると、短期的には、まず村や世帯の立地環境に応じた、住民に対する社会的、経済的支援の拡充を検討することが求められる。たとえば、退耕還林における補助期間を、立地条件やそれによる生活状況に応じて、柔軟に延長できるような仕組みに変更することが有効と思われる。

加えて、畑作、果樹作地での化学的な環境負荷の低減に向けて、化学肥料や農薬が過剰な施与量に陥らないよう、県や郷、鎮の政府、および村民委員会には、農業生産活動に対するモニタリングと、農村住民に対する啓発活動を進めていく役割が求められる。その際、IV章、V章の結果は、平地では野菜栽培と有蹄類家畜の畜産による複合経営が、所得の増加と環境負荷の低減に有効であることを強く示唆しており、生活水準の向上と土壌、水質汚染の防止のために、必要に応じてハウス導入にかかる費用を政府が補助することも有効になると思われる。

2) 中長期的な展望

中長期的視点に立った場合には、丘陵奥地での生活が、生活保護に頼らなくても成立し、かつ河岸地域との経済格差が是正されるように、より良い生業経済の構築を支援することが重要になると考えられる。丘陵奥地での生活を維持させつつ、所得水準を増加させるためには、(1) 経済格差の根本的な原因である立地環境によるデメリットを解消する、具体的には(2) ジャガイモ栽培の限界性を補うべく、有用な地域の在来資源に新たな付加価値を創出することで、肥料や農薬の費用を抑制し、ジャガイモやリンゴ以外の作物からも収益が得られる仕組みを構築する試みが求められる。(3) 陝北黄土高原の南部では、段階的にリンゴ栽培地を縮小し、流域環境上の適正な面積、配置になるよう、リンゴ園の分布を統合管理していくこと、新たな生業経済への転換を図ることも必要と考えられる。

その際には、上述のように地域環境が許容できる有機質肥料の余地が依然として大きいことから、畜産業の振興が有効な手段となりうる。場合によっては、丘陵奥地で畜産業を奨励し、発生する排泄物を河岸地域住民が購入して有機質肥料として畑作に利用することで、丘陵奥地住民の所得増加と地域全体の環境負荷の低減に一定程度貢献できる可能性がある。

黄土丘陵における馬鈴薯デンプンの加工に関しては、IV章でも紹介したように民間企

業の工場が河岸地域に立地し、ジャガイモ収穫期に河岸地域周辺の農家を雇用し、地域で栽培されたジャガイモの集荷と加工を行っている。そのため工場に近い河岸地域住民の一部は、雇用を通じて一定の経済的恩恵を受けていると思われる。しかし、工場の建設条件として一定面積の平地とアクセシビリティが求められるため、丘陵奥地に工場を誘致し収益を上げることは難しい。そのため、トウモロコシやジャガイモに関する六次産業化を、丘陵奥地の住民を巻き込みながら、企業や農業協同組合の下で行い、雇用の創出に結びつけるとともに、品質に応じた買い取り価格の設定によって勤労意欲と品質の向上を促すことが、有効な手段になると思われる。河岸平地とのアクセシビリティを向上させるための農道整備等、各種行政支援も必要となる。

加えて、アワ、キビを中心とした雑穀類の輪作栽培による、伝統的な農業生産にも再度注目する必要があると思われる。その理由として、呉起県におけるアワの単位面積当たり販売価格推定値は、V章で示したようにジャガイモと大差がなく経済的な価値が高いことが挙げられる。また 20 世紀半ば以降、旱魃の頻度が増加し（劉ほか 2017）、かつ降水量が断続的に減少する気候条件下で（Wan et al. 2014）、栽培に必要な水資源量が少なくて済むという利点は、将来的に食糧の安定的な生産、供給が期待できる。食文化の観点でも、コメやコムギが流入する以前、陝北黄土高原では長く日常食としてアワ粥「小米粥」、雑穀の麺類が消費され（深尾ほか 2000: 52）、その後も慶事には糯キビの粉から作られる黄色いモチが不可欠なものとして重用されていることから（賈ほか 2011）、自家消費が可能な穀物であるといえる。同時に、実際の栽培現場での効果が明確にされているわけではないが、実験では、アワから分泌されるアレロケミカルに高い雑草抑制効果が認められており、農薬散布量を抑制した雑草防除システムの構築に対する貢献が期待されている。この効果は集約的な農業の拡大にともない、化学的環境負荷が世界各地で大きな問題となるなか、国際的に注目を集めている（Jabran et al. 2015）。そのため当該地域における伝統的な農業生産構造は、「持続可能な開発」や「食の安全、安心」といった面で、今後再評価される可能性を秘めている。

さらに、IV章で指摘したように、トウモロコシやジャガイモの課題は、所得の向上のための販売促進が連作化に繋がり、さらに土壤肥沃度の低下や連作障害を防ぐために化学肥料が過度に施与されたことで、環境負荷が増加したことであつた。もし将来的にアワやキビの費用便益を、トウモロコシと同等レベルにまで高めていくことができれば、輪作を通じてトウモロコシやジャガイモの栽培頻度を低下させることに繋がるため、環

境負荷の低減に貢献できる。

その際に重要なのは、食品としてのアワ、キビの積極的な有用性、利用可能性である。アワ、キビをはじめとする雑穀は、ミネラルや食物繊維を多く含んでおり、健康志向の高まりとともに栄養補助食品としての注目が高まりつつある (Sharma and Niranjana 2017)。Saleh et al. (2013) は、その高い潜在的有用性を以下のように指摘する。アワ、コウリヤン、エンバク等の雑穀は、フィチン酸やタンニン、高レベルのフェノール成分を有しており、抗酸化作用を示す。近年、これらの栄養素、とくにフェノール成分が、がんの発症および進行の予防に有効的に作用すること、雑穀を主食とする集団の方が、トウモロコシやコムギを主食とする集団よりも食道がんの発生率が低いこと等が、動物実験や実証研究によって明らかにされてきている (Chandrasekara and Shahidi 2011; Graf and Eaton 1990)。また、上記成分は、糖尿病やメタボリックシンドローム、老化現象に対しても、重要な抗酸化能を発揮することが指摘されている。さらに、セリアック病患者は、現在のところグルテン除去食を摂取することでしか症状の悪化を防ぐことができない。アワやコウリヤンはグルテン・フリーの穀物であるため、彼らの生活に適した食品を開発するうえで大きな可能性を秘めている (Chandrasekara and Shahidi 2011)。

たしかに、III章の指摘を鑑みれば、アワとキビの栽培を中心とする伝統的な農業生産構造が、過去の人口増加とそれによる増産圧力に十分に対応できなかったことは、事実として認識する必要がある。また、人々の食の嗜好が大きく変化した世帯では、数十年前のようにアワ・キビを再度主食の地位に戻そう、というのも困難に思われる。しかし、現在の社会、経済、交通システムの状況を踏まえれば、当該地域で消費される穀物のすべてを雑穀の自家消費に委ねる必要は必ずしもない。今後もこの国で市場経済システムが採用され続けるならば、物流を通じてコメやコムギを生産地に影響のない範囲で一定程度「輸入」し、増加した人口を賄うことは可能であるし、緑化後に残された耕地でのアワ、キビの栽培、消費とうまく融合させることで、気候変動や水資源の減少による食糧供給上のリスクをより低減することもできる。さらに、アワ、キビを主食としてだけでなく、上記のような多岐にわたる利点を活かし、栄養価が高く安全・安心で、自然環境に配慮した栄養加工食品という、新しい消費形態を食卓に提案できれば、販路と付加価値の創出に結びつき、新規雇用および作物販売価格の上昇を通じた丘陵奥地住民の所得向上に貢献できる可能性がある。現在のところ世界では、都市人口を養うだけの、アワやキビの商業的で安定的な生産・加工技術は開発されていない (Saleh et al. 2013)。

これはアワ、キビ栽培の発展にとって、現状最も大きな障壁である (Saleh et al. 2013)。しかし、換言すれば、栽培に適した自然環境下に居住し、栽培に関する経験、知識を受け継ぐ黄土丘陵奥地の農村住民は、アワ、キビの安定的な生産、加工のパイオニアとしての大きな可能性を秘めている。

以上を踏まえ、地域で培われてきた在来資源の潜在的価値を見直し、現代社会に適応しうるかたちで、有効に活用する意義を提案したい。政府には、短期的な対応策とともに、長期的視点に立って、在来資源の長所を最大限活かすことができるような、産業振興や技術・商品開発に対する投資、そのための環境整備等が求められる。

今後の黄土高原地区に対する最も大きな不安は、周辺地域の環境変化である。もし周辺の穀倉地帯において、水資源消費量を持続的にすると名目でトウモロコシの一毛作化がさらに進行したり、不適切な灌漑農業によって塩類集積がさらに悪化したりすれば、コムギやコメの生産量が将来的に大きく減少し、穀物価格の高騰や流通量の減少によって現状の食糧供給のバランスが崩れることも想定される。その点で、より広域的な食糧供給圏を踏まえた砂漠化対処の事後評価、総合的な地域計画がなされる必要がある。

5. 本研究の意義と課題

世界の乾燥気候地域において、砂漠化・土地劣化問題の解決が急がれる現在、植生回復の前提となる農業生産と農村住民の生活質の改善は、最重要課題の一つとなっている。黄土高原では植生回復とともに農村経済、食糧問題の改善が成し遂げられたことから、多くの乾燥気候地域の目指すべき先進事例として、国際的にも注目が集まっている。

本研究では、上述のように農村経済、食糧問題を改善した大きな要因が「農業生産構造の転換」にあることを先行研究のレビューを通じて体系的に明らかにしたうえで、その効果と、生じる副作用、限界性を明確化し、さらなる改善点の方向性を示した。これらの成果は、飢餓や食糧不足、貧困と、陸域生態系の破壊とを、ともに改善しなければならない世界の多くの乾燥気候地域に対して、今後歩むべき道筋や検討すべきリスクを具体的に明示することに少なからず貢献しうると考えている。同時に、本研究の対象地域は、砂漠化対処に関する先進事例である黄土高原のなかでも、とくに重点的に諸政策が実施され、多くの先行研究において自然環境と社会経済状況の改善が確認されている

地域であり、黄土高原に属する他の行政区に対しても、地域環境のさらなる改善に向けて、多数の有用な視座と考慮すべき事項を提供できたと考えている。それぞれの地域に根差した砂漠化対処の方法論を確立するための一助としたい。

一方で、時間的な制約や、中国からみると外国人である筆者が村落に長期で入ることは安全面でもいくつかの困難に直面したため、十分に詳細な現地調査を実施することはできなかった。そのため、貧困世帯の生活状況の実態が、依然として不明瞭な部分がある。また、化学肥料や農薬の施与量増加と流域環境の汚染状況との因果関係や、住民の健康状態、退耕還林による食糧消費の変化が各灌漑穀倉地帯に及ぼした影響等についても不明な点があり、今後、さらに研究を継続することで明らかにしていきたい。これら一連の研究によって、それぞれの場所で何をどの程度栽培することが適切なのか、農業・牧畜業はどの程度認められるべきなのか、といった問いに、より具体的に答えるための道筋を示すことができると考えている。さらに、植物生態学やリモートセンシング分野のモニタリング結果も統合することで、将来的な土地利用、景観のあり方に関する議論を、より多角的に進めることが可能となる。これらは今後の課題としたい。

参考文献

日本語文献（訳書を含む）

- 安 萍・李 向軍・辻 渉 2008. 黄土高原の農業. 山中典和編『黄土高原の砂漠化とその対策 乾燥地科学シリーズ 5』: 42-60. 古今書院, 東京.
- 飯塚勝重 2005. 中国における緑化政策——退耕還林・還草工程を中心に(その 2)——. アジア文化研究所研究年報 40: 17-24.
- 池上彰英 2012. 『中国の食糧流通システム: 明治大学社会科学研究所叢書』御茶の水書房, 東京.
- 石田信隆 2010. 中国黄土高原に見る退耕還林政策. 農林金融 63(3): 39-45.
- 石原 潤 2009. 中国の定期市の革命後の変遷. 地理学評論 82(2): 73-90.
- 市川健夫・山本正三・斎藤 功 1984. 『日本のブナ帯文化』朝倉書店, 東京.
- 市来弘志 1999. 五胡十六国・北魏の牧畜 (特集 環境から考える東アジア農業——歴史的展開と現在). 日中文化研究 14: 36-43.
- 市村導人 2010. 宋元時代の施肥の水準について. 農業史研究 44: 102-110.
- 猪迫耕二 2008. 中国式温室の微気象特性と保守管理. 山中典和編『黄土高原の砂漠化とその対策 乾燥地科学シリーズ 5』: 193-197. 古今書院, 東京.
- 伊原 弘 2001. 河畔の民——北宋末の黄河周辺を事例に——. 中国水利史研究 29: 21-35.
- 上田 信 1999. 『森と緑の中国史——エコロジカル・ヒストリーの試み』岩波書店, 東京.
- 王 艶莉 2010. 中国農村部における社会保障の課題および解決策. 保健学雑誌 610: 37-56.
- 大澤正昭 1996. 『唐宋変革期農業社会史研究 汲古叢書 9』汲古書院, 東京.
- 大島一二 2006. 「退耕還林」政策の実施と農業経済振興——環境保護と貧困農村——. 西川 潤・潘 季・蔡 艶芝編『中国の西部開発と持続可能な発展——開発と環境保全の両立を目指して——』: 129-143. 同友館, 東京.
- 岡崎清宜 2001. 恐慌期中国における信用構造の再編——1930 年代華北における棉花流通・金融を中心に——. 社会経済史学 67(1): 47-68.
- 岡村秀典 2005. 『中国文明 農業と礼制の考古学』京都大学学術出版会, 京都.

- 小川 誠 2011. 裴李崗文化の墓に関する研究——中国新石器早期社会にみられる格差——. 駒沢女子大学研究紀要 18: 1-15.
- 鬼木俊次・加賀爪 優・余 勁・根 鎖 2007. 中国の「退耕還林」政策が農家経済へ及ぼす影響：陝西省・内モンゴル自治区の事例. 農業経済研究 78(4): 174-180.
- 賈 瑞晨・佐藤廉也・縄田浩志・松永光平・劉 国彬・張 文輝・山中典和 2011. 中国・黄土高原の結婚式——伝統と変容の一断面——. 比較社会文化 17: 17-35.
- 鎌田文彦 2008. 中国における格差問題——農民労働者をめぐる諸問題と立法動向——. 外国の立法 236: 136-140.
- 川井 悟 1995a. 中華民国時期における涇惠渠建設. 福山大学経済学論集 20 (1-2) : 223-241.
- 川井 悟 1995b. トッドと李儀祉——中国近代水利土木事業についての覚え書き——. 中国水利史研究 23-24: 23-42.
- 川井 悟 2012. 清朝後期から民国期まで——1830～1937 年——. 浅野 亮・川井 悟 編『概説 近現代中国政治史』: 43-84. ミネルヴァ書房, 東京.
- 河原昌一郎 2008. 『中国農村合作社制度の分析——農林水産政策研究叢書 第9号——』農林水産省農林水産政策研究所, 東京.
- 河原昌一郎 2014. 中国小麦の需給動向. 農林水産省編『プロジェクト研究「主要国農業戦略」研究資料 第1号 平成25年度カントリーレポート：中国, タイ, インド, ロシア』: 45-71, 東京.
- 河原昌一郎 2016. 中国——中国の食糧問題——. 農林水産省編『プロジェクト研究「主要国農業戦略」研究資料 第11号 平成27年度 カントリーレポート：中国, インド, インドネシア, 中南米, アフリカ』: 1-62, 東京.
- 川本 芳 2009. 高地における家畜化と家畜利用：アンデスとヒマラヤの遺伝学研究. ヒマラヤ学誌 10: 103-114.
- 環境省自然環境局 2013. 『人々の暮らしと砂漠化対処』, 東京.
- 神田健策・大島一二編 2013. 『中国農業の市場化と農村合作社の展開：日本農業市場学会研究叢書』筑波書房, 東京.
- 黄川田 修 2013. 北方中国の古代社会に対する考古学研究——鬲形土器の製法を中心に——. 三島海雲記念財団第51回学術研究助成研究報告（人文科学部門）: 1-6.
- 北川 泉 2008. 農家所得の構造と新しい就労機会の創造. 保母武彦・陳 育寧編『中国

- 農村の貧困克服と環境再生 寧夏回族自治区からの報告』: 57-80. 花伝社, 東京.
- 鬼頭昭雄 2005. チベット高原の隆起がアジアモンスーンに及ぼす環境に関する気候モデルシミュレーション. 地質学雑誌 111(11): 654-667.
- 宜保清一・中村真也・佐々木慶三・趙 延寧 2007. 黄土高原二道岔地すべりの不安定化と地すべり土のせん断強度の関係. 地形 44(3): 156-161.
- 金 承華 2017. 中国における森林管理ガバナンスの歴史的展開と分析——国有林を中心に——. 中央大学大学院研究年報 経済学研究科篇 46: 1-15.
- 黄河水利委員会治黄研究組編著, 芦田和男監修, 馮 金亭・匡 尚富訳 1989. 『黄河の治水と開発』古今書院, 東京. (中国語) 水利电力部黄河水利委员会治黄研究組 1984. 『黄河的治理与开发』上海教育出版社, 上海.
- 高坂健次 2003. 中国における「村民委員会」の現状と課題. 関西学院大学社会学部紀要 93: 59-72.
- 甲本眞之 2001. 『中国新石器時代の生業と文化』中国書店, 福岡.
- 小島泰雄 2009. 中国農村の基層空間にとっての 20 世紀. 森 時彦編『20 世紀中国の社会システム』: 343-359. 京都大学人文科学研究所, 京都.
- 小林春樹 2014. ユーラシア東部における青銅器文化 弥生青銅器の起源をめぐって. 国立歴史民俗博物館研究報告 185: 213-238.
- 柴 樹藩・于 光遠・彭 平著, 川村嘉夫訳 1987. 『旧中国陝西の農村 綏徳・米脂土地問題初步研究』アジア経済研究所. (中国語) 柴 樹藩・于 光遠・彭 平 1979. 『綏徳・米脂土地問題初步研究』人民出版社, 北京.
- 齊藤忠臣 2010. 中国黄土高原における土壤水分モニタリングと課題. 土壤の物理性 114: 37-40.
- 齊藤忠臣・井上光弘 2007. 中国黄土高原における水食とその対策. 沙漠研究 16(4): 177-187.
- 齊藤まや 2010. 地域の百科事典——中国の地方志と国立国会図書館における所蔵状況——. 国立国会図書館アジア情報室通報 8(1): 7-11.
- 佐々木高明 1993. 『日本文化の基層を探る: ナラ林文化と照葉樹林文化 (NHK ブックス 667)』日本放送出版協会, 東京
- 佐藤信弥 2018. 『中国古代史研究の最前線』星海社, 東京.
- 佐藤廉也・賈 瑞晨・松永光平・縄田浩志 2012. 退耕還林から 10 年を経た中国・黄土

- 高原農村：世帯経済の現況と地域差．比較社会文化 18: 55-70.
- 佐藤廉也・縄田浩志・ブホーオーツル・長澤良太・賈 瑞晨・張 文輝・候 慶春・山中典和 2008. 中国黄土高原における伝統的土地利用と退耕還林——陝西省安塞県の事例——．比較社会文化 14: 7-21.
- 朱 珉 2014. 中国における「全民低保」の実現（特集 中国の社会保障）．海外社会保障研究 189: 17-31.
- 世界銀行 2018. 世界の貧困に関するデータ．
<http://www.worldbank.org/ja/news/feature/2014/01/08/open-data-poverty> (2018 年 11 月 14 日最終閲覧)
- 関 良基・向 虎 2009. 政府と農民の対立——退耕還林のポリティカル・エコロジー——．関 良基・向 虎・吉川成美編『中国の森林再生——社会主義と市場主義を超えて——』: 152-192. 御茶の水書房，東京．
- 昔陽県大寨地理編写組著，渡辺信夫訳 1977. 第 2 部 大寨地理．渡辺信夫・川村嘉夫・森 久男編訳『中国農業と大寨』: 191-286. 龍溪書舎，東京．（中国語）昔阳县大寨地理编写组 1975. 『大寨地理』商务印书馆，北京．
- 蘇 米雅 2012. 中国の環境移民政策によって生まれた移民村の活性化運動——内モンゴル自治区正藍旗バインオウラ移民村の事例——．集団力学 29: 26-45.
- 高山 成・木村玲二 2008. 黄土高原の気候．山中典和編『黄土高原の砂漠化とその対策 乾燥地科学シリーズ 5』: 9-17. 古今書院，東京．
- 中華人民共和国農業部 1996. 菅沼圭輔訳『中国農業白書 激動の'79～'95 年』農山漁村文化協会，東京．
- 張 馨元 2014. 『中国トウモロコシ産業の発展過程——現代中国地域研究叢書 8——』勁草書房，東京．
- 膝 鑑 2016. 中国の計画経済時代における体制改革．岡山大学経済学会雑誌 48(1): 45-60.
- 縄田浩志 2008. 黄土高原の暮らし．山中典和編『黄土高原の砂漠化とその対策 乾燥地科学シリーズ 5』: 61-86. 古今書院，東京．
- 成瀬敏郎 2014. 第四紀の風成塵・レスについて．第四紀研究 53(2): 75-93.
- 西山武一 1969. 『アジア的農法と農業社会』東京大学出版会，東京．
- 日中経済協会 1974. 『中国農業の基礎事情』財団法人日中経済協会，東京．

- 農林水産省大臣官房国際部国際政策課 2010.『海外農業情報調査分析（アジア）報告書（平成 21 年度海外農業情報調査分析・国際相互理解事業）』, 東京.
- 農林水産省大臣官房国際部国際政策課 2011.『平成 22 年度海外農業情報調査分析・国際相互理解事業 海外農業情報調査分析（アジア）報告書』, 東京.
- 巴 圖 2007. 内モンゴル牧畜経営の実態と環境問題. 横浜国立社会科学 12(2): 27-50.
- 巴 圖・小長谷有紀 2012. 中国における生態移民政策の執行と課題. 人文地理 64(1): 41-54.
- バック, J.L. 1938. 岩田孝三訳『支那土地利用地図集成』東学社, 東京. Buck, J.L. 1937. *Land utilization in China: A study of 16,786 farms in 168 localities, and 38,256 farm families in twenty-two provinces in China, 1929-1933.* University of Nanking, Nanjing, China.
- 原 裕太・浅野悟史・西前 出 2016. 黄土高原の小城镇におけるコムギ・コメの供給元の立地特性と流通形成の背景——陝西省呉起県のスーパーマーケットを例に——. 環境情報科学学術研究論文集 30: 195-200.
- 原 裕太・浅野悟史・西前 出 2017. 黄土高原・呉起県農村における河岸地域の経済的優位性——呉倉堡郷の行政統計表を用いて——. 地理学評論 90(4): 363-375.
- 原 裕太・西前 出 2018. 陝北黄土高原における農業生産構造の変化が化学肥料・農薬使用量の増加に及ぼす影響. *E-Journal GEO* 13(2): 511-533.
- 原 有香里・張 文輝・杜 盛・玉井重信・山中典和 2008. 中国黄土高原における緑化用樹種 4 種の水分生理特性. 日本森林学会誌 90(4): 247-252.
- 兵頭政幸・北場育子 2012. 古地磁気・古気候層序からみた東アジアの第四紀の始まり. 地質学雑誌 118(2): 74-86.
- 平野悠一郎 2008. 現代中国における指導者層の森林認識. アジア研究 54(3): 71-87.
- 平野悠一郎 2014. 現代中国の森林資源管理における専門家層の成立背景 梁希（初代林業部部長）の思想と業績を中心に. アジア研究 60(2): 1-17.
- 深尾葉子・井口淳子・栗原伸治 2000.『黄土高原の村——音・空間・社会——』古今書院, 東京.
- 藤井義晴 2009. 植物のにおい・かおり物質のアレロケミカルとしてのはたらき. におい・かおり環境学雑誌 40(3): 158-165.
- 藤井義晴・濱野満子 2003. アレロパシー; 植物が放出する化学物質による他の生物との

- 相互作用——とくに植物が放出する揮発性物質が他の生物に及ぼす作用——. 日本生気象学会雑誌 40(1): 49-54.
- 藤田佳久 2005. 中国山西省の土地利用変化——100 年前の東亜同文書院生の記録との比較から——. 愛知大学国際中国学研究センター編『中国における環境問題の現状（「現代中国とアジア世界の人口生態環境問題」研究会報告書）』: 321-334, 名古屋.
- 古松崇志 2013. 十～十二世紀における契丹の興亡とユーラシア東方の国際情勢. 荒川慎太郎・澤本光弘・高井康典行・渡辺健哉編『契丹〔遼〕10～12 世紀の東部ユーラシア』勉誠出版, 東京.
- プロマーコンサルティング 2013. 中国農業政策の変遷と予算の動き. 『平成 24 年度海外農業情報調査分析事業（アジア）中国 第 12 次 5 か年計画』: 1-1 - 1-8, 東京.
- 寶劔久俊 2010. 中国のトウモロコシ供給・需給体制と食糧安全保障. 清水達也編『食糧危機と途上国における需要と供給』: 107-146. アジア経済研究所, 東京.
- 保柳睦美 1971. 中国の農業区画論. 地学雑誌 80(6): 1-19.
- 松永光平 2013. 『中国の水土流失 史的展開と現代中国における転換点——現代中国地域研究叢書 5——』勁草書房, 東京.
- 松本圭太 2018. 『ユーラシア草原地帯の青銅器時代』九州大学出版会, 福岡.
- 南 裕子 1995. 現代中国農村における国家と社会——村民委員会体制の創出にみられる農村掌握の仕組み——. 村落社会研究 2(1): 20-30.
- 宮田敏之 2011. 中国市場とタイ産香り米ジャスミン・ライス: なぜ、世界最大のコメ生産国中国がタイ米を輸入するのか? *RIETI Discussion Paper, Series 11-J-005*: 1-26.
- 宮本一夫 2007. 漢と匈奴の国家形成と周辺地域——農耕社会と遊牧社会の成立——. 今西裕一郎編『九州大学 21 世紀 COE プログラム「東アジアと日本 交流と変容」総括ワークショップ報告書』: 111-121. 九州大学大学院比較社会文化研究院, 福岡.
- 宮本一夫 2017. 『東北アジアの初期農耕と弥生の起源』同成社, 東京.
- 向 虎・関 良基 2009. 黄河流域の退耕還林——陝西省延安市近郊馬家坪村の事例から——. 関 良基・向 虎・吉川成美編『中国の森林再生——社会主義と市場主義を超えて——』: 90-121. 御茶の水書房, 東京.
- 村上信夫・李 珏 2015. 「典型報道」からみる中国の報道スタイル. 茨城大学人文学部紀要・人文コミュニケーション学科論集 18: 111-137.
- 元木 靖 2013. 『中国変容論: 食の基盤と環境』海青社, 東京.

- 山中典和 2008. 気候と植生. 山中典和編『黄土高原の砂漠化とその対策 乾燥地科学シリーズ 5』: 26-31. 古今書院, 東京.
- 山中典和 2018. 中国における乾燥地緑化の現状と課題. 沙漠研究 27(4): 147-149.
- 吉川 賢・山中典和・大手信人編 2004. 『乾燥地の自然と緑化——砂漠化地域の生態系修復に向けて』 共立出版, 東京.
- 劉 家敏 2014. 「小城镇」重視の中国都市化政策: ねらいは農村地域の所得向上や生活改善. みずほインサイト: 1-10.
- 梁 銀麗・山田 智・井上光弘 2008. 中国式温室における連作障害とその対策. 山中典和編『黄土高原の砂漠化とその対策 乾燥地科学シリーズ 5』: 197-201. 古今書院, 東京.
- レイ シアオカン (雷 曉康)・グロヴァー, C.・ヅ ジーミン (杜 智民)・ワン キアン著, バユス, L.・嶋内 健・篠田武司訳 2010. 中国における生活扶助. 立命館大学人文科学研究所紀要 95: 159-180.
- 涌井秀行 2008. 中国大躍進から文革期の人口激動——全国における被害の計測——. 竹内 啓・孫 占坤・涌井秀行編『中国社会における村落と家族』: 39-51. 明治学院大学国際学部附属研究所, 横浜.

英語文献

- Al-Bedairy, N. R., Alsaadaqi, I. S. and Shati, R. K. 2013. Combining effect of allelopathic *Sorghum bicolor* L. (Moench) cultivars with planting densities on companion weeds. *Archives of Agronomy and Soil Science* 59(7): 955–961.
- Alsaadawi, I. S., Sarbout, A. K. and Al-Shamma, L. M. 2012. Differential allelopathic potential of sunflower (*Helianthus annuus* L.) genotypes on weeds and wheat (*Triticum aestivum* L.) crop. *Archives of Agronomy and Soil Science* 58(10): 1139–1148.
- Amiraslani, F., Dragvich, D. 2011. Combating desertification in Iran over the last 50 years: An overview of changing approaches. *Journal of Environmental Management* 92(1): 1-13.
- An, Z. 2000. The history and variability of the East Asian paleomonsoon climate. *Quaternary Science Reviews* 19: 171-187.
- Anjum, T. and Bajwa, R. 2008. Screening of sunflower varieties for their herbicidal potential against common weeds of wheat. *Journal of Sustainable Agriculture* 32(2): 213–229.

- Anwar, T., Kravchinsky, V. A., Zhang, R., Koukhar, L. P., Yang, L., Yue, L. 2017. Holocene climatic evolution at the Chinese Loess Plateau: testing sensitivity to the global warming-cooling events. *Climate of the Past*, 31 Jan 2017: 1-51. <https://www.clim-past-discuss.net/cp-2017-10/>
- Baek, J. M., Kawecki, O. J., Lubin, K. D., Song, J., Wiens, O. A. and Wu, F. 2017. Allelopathic effects of *Nicotiana tabacum* on the germination of *Vigna radiata* and *Triticum aestivum*. *WURJ: Health and Natural Sciences* 8(1): 1–5.
- Barrio, G., Sanjuan, M. E., Hirche, A., Yassin, M., Ruiz, A., Ouassar, M., Valderrama, J. M., Essifi, B., Puigdefabregas, J. 2016. Land Degradation States and Trends in the Northwestern Maghreb Drylands, 1998–2008. *Remote Sensing* 8(7): 1-25.
- Bertholdsson, N. O. 2005. Early vigour and allelopathy – two useful traits for enhanced barley and wheat competitiveness against weeds. *Weed Research* 45(2): 94-102.
- Bhan, S. 2013. Land degradation and integrated watershed management in India. *International Soil and Water Conservation Research* 1(1): 49-57
- Boydak, M., Çalışkan, S. 2015. *Afforestation in arid and semi-arid region*. Republic of Turkey, Ministry of Forestry and Water Affairs, General Directorate of Combating Desertification and Erosion. Ankara, Turkey.
- Bray, F. 1984. Agriculture. Needham, J. *Science and Civilization in China (IV), Biology and Biological Technology, Part II*. Cambridge University Press, London, UK.
- Buckingham, K., Hanson, C. 2015. *The restoration diagnostic. Case example: China Loess Plateau*. World Resource Institute, Washington D.C., US.
- Bullock, A., King, B. 2011. Evaluating China's slope land conversion program as sustainable management in Tianquan and Wuqi Counties. *Journal of Environmental Management* 92: 1916-1922.
- Chandrasekara, A., Shahidi, F. 2011. Antiproliferative potential and DNA scission inhibitory activity of phenolics from whole millet grains. *Journal of Funct Foods* 3:159-170.
- Cao, X., Wang, Y., Wu, Y., Wu, P., Zhao, X. 2015. Water productivity evaluation for grain crops in irrigated regions of China. *Ecological Indicators* 55: 107-117.
- Chen, J., He, D., Zhang, N., Cui, S. 2004. Characteristics of and human influences on nitrogen contamination in Yellow River System, China. *Environmental Monitoring and Assessment*

93: 125-128.

- Chen, S., Yu, P. 2017. Variations in the Upper Paleolithic adaptations of North China: A review of the evidence and implications for the onset of food production. *Archaeological Research in Asia* 9: 1-12.
- FAO 1984. *Livestock breeds of China: FAO animal production and health paper 46*. Rome, Italy.
- FAO 2011. *Safeguarding Food Security in Volatile Global Markets*. Rome, Italy.
- FAO 2018. *Biophysical and socio-economic baselines: the starting point for action against desertification*. Rome, Italy.
- Fujii, Y. 2001. Screening and future exploitation of allelopathic plants as alternative herbicides with special reference to hairy vetch. *Journal of crop production* 4(2): 257–275.
- Gassert, F., Luo, T., Shiao, T., Luck, M. 2013. *Yellow River Basin Study*. Working Paper in January 2013, World Resources Institute, Washington D.C., US.
- Graf, E., Eaton, J. W. 1990. Antioxidant functions of phytic acid. *Free Radical Biology & Medicine* 8(1):61-69.
- Hansen, M. C., Potapov, P. V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S. A., Tyukavina, A., Thau, D., Stehman, S. V., Goetz, S. J., Loveland, T. R., Kommareddy, A., Egorov, A., Chini, L., Justice, C. O., Townshend, J. R. G. 2013. High-resolution global maps of 21st-Century forest cover change. *Science* 342(6160): 850-853.
- He, X., Tang, K., Zhang, X. 2004a. Soil erosion dynamics on the Chinese Loess Plateau in the last 10,000 years. *Mountain Research and Development* 24(4): 342-347.
- He, Y., Theakstone, W. H., Zhang, Z. L., Zhang, D., Yao, T. D., Chen, T., Shen, Y. P., Pand, H. X. 2004b. Asynchronous Holocene climatic change across China. *Quaternary Research* 61: 52-61.
- Herzschuh, U. 2006. Palaeo-moisture evolution in monsoonal central Asia during the last 50,000 years. *Quaternary Science Reviews* 25: 163-178.
- Huang, H., Han, Y., Cao, M., Song, J., Xiao, H. 2016. Spatial-Temporal Variation of Aridity Index of China during 1960–2013. *Advances in Meteorology* 2016(1): 1-10.
- Imhoff, M. L., Bounoua, L. 2006. Exploring global patterns of net primary production carbon supply and demand using satellite observations and statistical data. *Journal of Geophysical Research* 111(D22): 1-8.

- Imhoff, M. L., Bounoua, L., Ricketts, T., Loucks, C., Harriss, R., Lawrence, W. T. 2004. HANPP Collection: Global Patterns in Net Primary Productivity (NPP). Palisades, NY: NASA Socioeconomic Data and Applications Center (SEDAC). <https://doi.org/10.7927/H40Z715X>.
- Ishii, S., Samejima, K. 2006. Products made from camel's milk by Mongolian nomads. *Milk Science* 55(2): 79-84.
- Jabran, K., Mahajan, G., Sardana, V., Chauhan, B. 2015. Allelopathy for weed control in agricultural systems. *Crop Protection* 72: 57-65.
- Kouba, Y., Gartzia, M., Aich, A. E., Alados, C. L. 2018. Deserts do not advance, they are created: Land degradation and desertification in semiarid environments in the Middle Atlas, Morocco. *Journal of Arid Environments* 158: 1-8.
- Le Houérou, H. N. 1996. Climate change, drought and desertification. *Journal of Arid Environments* 34: 133-185.
- Li, T., Lu, Y., Fu, B., Comber, A. J., Harris, P., Wu, L. 2017. Gauging policy-driven large-scale vegetation restoration programmes under a changing environment: Their effectiveness and socio-economic relationships. *Science of the Total Environment*, 607-608(31): 911-919.
- Li, Y., Huang, H., Ju, H., Lin, E., Xiong, Wei., Han, X., Wang, H., Peng, Z., Wang, Y., Xu, J., Cao, Y., Hu, W. 2015. Assessing vulnerability and adaptive capacity to potential drought for winter-wheat under the RCP 8.5 scenario in the Huang-Huai-Hai Plain. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 209: 125-131.
- Liu, G., Hu, F., Mohamed, A. M., Elbasit, A., Zheng, F., Liu, P., Xiao, H., Zhang, Q., Zhang, J. 2018. Holocene erosion triggered by climate change on the central Loess Plateau of China. *Catena* 160: 103-111.
- Liu, J., Chen, S., Chen, J., Zhang, Z., Chen, F. 2017. Chinese cave $\delta^{18}\text{O}$ records do not represent northern East Asian summer monsoon rainfall. *PNAS (Proceedings of the National Academy of Sciences of the US)* 114(15): E2987-E2988.
- Luo, M., Li, G., 2010. Analysis of Effects of Different Operation Patterns of Returning Farmland to Forest (grass) on Rural Economy—A Case of Wuqi County, China—. *Asian Agriculture Research* 2(1): 5-9.
- Nie, J., Stevens, T., Rittner, M., Stockli, D., Garzanti, E., Limonta, M., Bird, A., And  , S., Vermeesch, P., Saylor, J., Lu, H., Breecker, D., Hu, X., Liu, S., Resentini, A., Vezzoli, G.,

- Peng, W., Carter, A., Ji, S., Pan, B. 2015. Loess Plateau storage of Northeastern Tibetan Plateau-derived Yellow River sediment. *Nature Communications* 6:8511 doi: 10.1038/ncomms9511: 1-8.
- McKinnon, J., Verkuil, Y. I., Murray, N. 2012. *IUCN situation analysis on East and Southeast Asian intertidal habitats, with particular reference to the Yellow Sea (including the Bohai Sea)*. IUCN (International Union for Conservation of Nature) Publications Services, Gland, Switzerland.
- Meng, E., Hu, R., Shi, X., Zhang, S. 2006. *Maize in China: Production systems, constraints, and research priorities*. International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT), El Batan, Mexico.
- Mahmood, K., Khaliq, A., Cheema, Z. A. and Arshad, M. 2013. Allelopathic activity of Pakistani wheat genotypes against wild oat (*Avena fatua* L.). *Pakistan Journal of Agricultural Sciences* 50(2): 169–176.
- Ohmori, H., Wada, S., Matsumoto, R., Jia, H. 1995. Desertification processes and rehabilitation treatment in the Loess Plateau, China. *Bulletin of the Department of Geography University of Tokyo* 27: 23-44.
- Peng, S. Gang, C., Cao, Y., Chen, Y. 2017. Assessment of climate change trends over the Loess Plateau in China from 1901 to 2100. *International Journal of Climatology* 38(5): 2250-2264.
- Qian, W., Zhu, Y. 2002. Little ice age climate near Beijing, China, inferred from historical and stalagmite records. *Quaternary Research* 57: 109-119.
- Ran, L., Lu, X. 2014. Sediment load and carbon burial in the Yellow River during the Holocene. *Past Global Changes* 22(1): 34-35.
- Ryken, N., Al-Barri, B., Taylor, A., Blake, W., Maenhout, P., Sleutel, S., Tack, F. M. G., Dierick, M., Bodé, S., Boeckx, P., Verdoodt, A., 2016. Quantifying the spatial variation of ⁷Be depth distributions towards improved erosion rate estimations. *Geoderma* 269 (1): 10-18.
- Saleh, A. S. M., Zhang, Q., Chen, J., Shen, Q. Millet grains: Nutritional quality, processing, and potential health benefits. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 12: 281-295.
- Savin, N. E., White, K. J. 1977. The Durbin-Watson test for serial correlation with extreme sample sizes or many regressors. *Econometrica* 45(8): 1989-1996.

- Sharma, N., Niranjana, K. 2017. Foxtail millet: Properties, processing, health benefits, and uses. *Food Review International* <http://dx.doi.org/10.1080/87559129.2017.1290103>, 1-35.
- Shen, Y., Zhang, Y., Scanlon, B. R., Lei, H., Yang, D., Yang, F. 2013. Energy/water budgets and productivity of the typical croplands irrigated with groundwater and surface water in the North China Plain. *Agricultural and Forest Meteorology* 181: 133-142.
- Tada, R., Zheng, H., Clift, P. D. 2016. Evolution and variability of the Asian monsoon and its potential linkage with uplift of the Himalaya and Tibetan Plateau. *Progress in Earth and Planetary Science* (2016) 3:4 doi: 10.1186/s40645-016-0080-y: 3-26.
- Uchida, S. 2004. Development of a method to analyze agro-environmental changes in the typical foodcrop production area using Geographic Information System (GIS). Koyama, O. *Development of sustainable production and utilization of major food resources in China. JIRCAS Working Report No. 42*: 19-31. Japan International Research Center for Agricultural Sciences (JIRCAS), Tsukuba, Japan.
- UNCCD 2015. *Land degradation is a Growing Threat to Global Security*. (press release, 17 June 2015) <https://www.unccd.int/news-events/land-degradation-growing-threat-global-security> (2018 年 11 月 11 日最終閲覧)
- UNCCD 2012. *Zero Net Land Degradation: A sustainable development goal for Rio+20. UNCCD Secretariat Policy Brief*. Bonn, Germany.
- UNCCD Annex II: Asia. <https://www.unccd.int/convention/regions/annex-ii-asia> (2018 年 11 月 10 日最終閲覧)
- UNEP 2012. *Global Environmental Outlook 5: Environment for the future we want*. Malta.
- UNICEF 2015. *Unless we act now: The impact of climate change on children*. New York, US.
- Vasiljević, D. A., Marković, S. B., Hose, T. A., Ding, Z., Guo, Z., Liu, X., Smalley, L., Lukić, T., Vujić, M. D., Loess-palaeosol sequences in China and Europe: Common values and geoconservation issues. *Catena* 117 (2014): 108-118.
- Wan, L., Zhang, X. P., Ma, Q., Zhang, J. J., Ma, T. Y., Sun, Y. P. 2014. Spatiotemporal characteristics of precipitation and extreme events on the Loess Plateau of China between 1957 and 2009. *Hydrological Processes* 28: 4971-4983.
- Wang, J., Li, Y., Huang, J., Yan, T., Sun, T. 2017. Growing water scarcity, food security and government responses in China. *Global Food Security* 14: 9-17.

- Wang, X., Zhao, X., Zhang, Z., Yi, L., Zuo, L., Wen, Q., Liu, F., Xu, J., Hu, S., Liu, B., 2016. Assessment of soil erosion change and its relationships with land use/cover change in China from the end of the 1980s to 2010. *Catena* 137: 256-268.
- World Bank 2017. The 2017 global poverty update from the World Bank.
<http://blogs.worldbank.org/developmenttalk/2017-global-poverty-update-world-bank>
 (2018 年 11 月 13 日最終閲覧)
- Wu, Q., Zhao, Z., Liu, L., Granger, D. E., Wang, H., Cohen, D. J., Wu, X., Ye, M., Bar-Yosef, O., Lu, B., Zhang, J., Zhang, P., Yuan, D., Qi, W., Cai, L., Bai, S. 2016. Outburst flood at 1920 BCE supports historicity of China's Great Flood and the Xia dynasty. *Science* 353(6299): 579-582.
- Xu, X., Huang, G., Sun, C., Luis, S. P., Tiago, B. R., Huag, Q., Hao, Y. 2013. Assessing the effects of water table depth on water use, soil salinity and wheat yield: Searching for a target depth for irrigated areas in the upper yellow River basin. *Agricultural Water Management* 125: 46-60.
- Xu, Y., Mo, X., Cai, Y., Li, X. 2005. Analysis on groundwater table drawdown by land use and the quest for sustainable water use in the Hebei Plain in China. *Agricultural Water Management* 75: 38-53.
- You, L., Spoor, M., Ulimwengu, J., Zhang, S. 2011. Land use change and environmental stress of wheat, rice, and corn production in China. *China Economic Review* 22(4): 461-473.
- Zhao, Y., Yu, Z., Chen, F., Zhang, J., Yang, B. 2009. Vegetation response to Holocene climate change in monsoon-influenced region of China. *Earth-Science Reviews* 97(1-4): 242-256.
- Zika, M., Erb, K. 2009. The global loss of net primary production resulting from human-induced soil degradation in drylands. *Ecological Economics* 69(2): 310-318.

中国語文献

- 白銀市地方誌編纂委員会編 1999.『白銀市誌』中華書局出版，北京．（中国語）白銀市地方志編纂委員会編 1999.『白銀市志』中華書局出版，北京．
- 成 六三・吳 普特・趙 西寧 2010. 黄土丘陵地域において退耕還林が県レベルの食糧安全保障に及ぼす影響——陝西省清澗県，米脂県，子洲県，吳堡県を例に——．自然資源学報 25(10): 1689-1697. （中国語）成 六三・吳 普特・趙 西寧 2010. 黄

- 土丘陵区退耕还林工程对县域粮食安全的影响——以陕西省清涧、米脂、子洲、吴堡县为例. 自然资源学报 25(10): 1689-1697.
- 定辺県誌編纂委員会編 2003.『定辺県誌』方誌出版社, 北京. (中国語) 定边县志编纂委员会編 2003.『定边县志』方志出版社, 北京.
- 方 修琦・候 光良・劉 翠華 2008a. 後氷期の環境と人間活動の痕跡. 張 蘭生 (主編)『中国古地理——中国における自然環境の形成——』:108-136. 科学出版社, 北京. (中国語) 方 修琦・候 光良・刘 翠華 2008a. 现代间冰期环境与人类活动的印记. 张 兰生 (主編)『中国古地理——中国自然環境の形成』:108-136. 科学出版社, 北京.
- 方 修琦・王 輝・李 蓓蓓 2008b. 大興安嶺—内モンゴル高原における季節風の作用と高原草原および砂漠環境の形成. 張 蘭生 (主編)『中国古地理——中国における自然環境の形成——』:207-228. 科学出版社, 北京. (中国語) 方 修琦・王 輝・李 蓓蓓 2008b. 兴蒙气风尾间效应与高原草原、沙地自然地理環境の形成. 张 兰生 (主編)『中国古地理——中国自然環境の形成』: 207-228. 科学出版社, 北京.
- 盖 力強・謝 高地・李 士美・張 彩霞・陳 龍 2010. 華北平原のコムギ・トウモロコシ生産を対象としたウォーターフットプリントに関する研究. 資源科学 32(11): 2066-2071. (中国語) 盖 力强・谢 高地・李 士美・张 彩霞・陈 龙 2010. 华北平原小麦、玉米作物生产水足迹的研究. 资源科学 32(11): 2066-2071.
- 国家統計局 2013. 統計データの解説「農業」. (中国語) 国家统计局 2013. 统计数据指标解释「农业」. http://www.stats.gov.cn/tjsj/zbjs/201310/t20131029_449446.html (2018年7月18日最終閲覧)
- 国家林業局 2015.『2014年退耕還林プログラム 生態環境モニタリング国家報告』中国林業出版社, 北京. (中国語) 国家林业局 2015.『2014退耕还林工程 生态效益监测国家报告』中国林业出版社, 北京.
- 国家統計局課題調研組 2004. 退耕還林による中国西部地区に対する食糧生産・供給の影響. 管理世界 11: 97-100, 108. (中国語) 国家统计局课题组 2004. 退耕还林对西部地区粮食生产及供求的影响. 管理世界 11: 97-100, 108.
- 樊 軍・胡 波 2005. 地域環境に対する黄土高原の果樹作発展の影響と対策. 中国農学通報 11: 355-359. (中国語) 樊 军・胡 波 2005. 黄土高原果业发展对区域環境的影响与对策. 中国农学通报 11: 355-359.

- 郝 平・曹 雪峰 2011. 水土保持（土壤侵食の抑止）：典型的な大泉山モデル. 現代中国史研究 18(2): 38-45, 125-126. (中国語) 郝 平・曹 雪峰 2011. 水土保持：大泉山典型的塑造. 当代中国史研究 18(2): 38-45, 125-126.
- 何 永涛・李 文華・李 泉・吳 宗凱 2008. 吳起県における退耕還林実施農家の生活状況調査報告. 水土保持通報 28(1): 184-190. (中国語) 何 永涛・李 文華・李 泉・吳 宗凱 2008. 吴起县退耕农户生活状况调查报告. 水土保持通报 28(1): 184-190.
- 何 毅峰 2009. 吳起県における耕地動態の変化と食糧安全保障に関する研究. 中国優秀修士學位論文（西北農林科技大学）. (中国語) 何 毅峰 2009. 吴起县耕地动态变化与粮食安全研究. 西北农林科技大学硕士学位论文（中国优秀硕士学位论文）.
- 侯 志銘・田 俊・呂 東鴻 2009. 退耕還林の社会經濟効果に関する研究——吳起県，華池県，定辺県を例に——. 陝西林業科技 5: 19-22. (中国語) 侯 志銘・田 俊・呂 東鴻 2009. 退耕还林工程社会效益研究——以吴起、华池和定边县为例. 陕西林业科技 5: 19-22.
- 韓 仕峰・黄 旭 1993. 黄土高原における土壤水分の利用と生態環境との関係. 生態学雑誌 12(1): 25-28. (中国語) 韩 仕峰・黄 旭 1993. 黄土高原的土壤水分利用与生态环境的关系. 生态学杂志 12(1): 25-28.
- 胡 非凡・施 国慶・吳 志華 2006. 中国における食糧流通の動向とその発展傾向に関する分析. 農業經濟 5: 63~64. (中国語) 胡 非凡・施 国庆・吳 志华 2006. 中国粮食物流得点及发展趋势探析. 农业经济 5: 63-64.
- 黄 秉維 1955. 黄河中流域における土壤侵食区分図作成の経験と教訓. 科学通報 15: 15-21. (中国語) 黄 秉维 1955. 编制黄河中游流域土壤侵蚀分区图的经验教训. 科学通报 15: 15-21.
- 黄河水利委員会 2015. 『2014 年黄河水資源公報』. (中国語) 黄河水利委员会 2015. 『2014 年黄河水资源公报』.
- 黄河水利委員会黄河誌編集室編 2017. 『黄河誌：卷二 黄河流域の概要』河南人民出版社，鄭州. (中国語) 黄河水利委员会黄河志编辑室编 2017. 『黄河志：卷二 黄河流域综述』河南人民出版社，郑州.
- 惠 富平 2014. 『中国における伝統農業と生態文化 中華農業文明研究院文庫・中国農業遺産研究叢書』中国農業科学技術出版社，北京. (中国語) 惠 富平 2014. 『中国传统农业生态文化 中华农业文明研究院文库・中国农业遗产研究丛书』中国农业科

- 学技术出版社, 北京.
- 胡 道春・金 龍・武 瑞嬋 2017. 黄土高原のリンゴ園における施肥の現状調査分析. 陝西農業科学 11: 44-49. (中国語) 胡 道春・金 龍・武 瑞嬋 2017. 黄土高原苹果园施肥现状调查分析. 陕西农业科学 11: 44-49.
- 亢 霞 2014. 『中国粮食 流通の効率化と現代的システム構築に関する初歩的研究』中国農業出版社, 北京. (中国語) 亢 霞 2014. 『中国粮食 流通效率和现代体系构建初探』中国农业出版社, 北京.
- 李 国英 2002. 李儀祉の黄河治水思想に関する評論——李儀祉氏の生誕 120 周年を記念して——. 人民黄河 2002(3): 1. (中国語) 李 国英 2002. 李仪祉治黄思想评述——纪念李仪祉先生诞辰 120 周年. 人民黄河 2002(3): 1.
- 李 樺・姚 順波・郭 亜軍 2006. 農家の經濟行動に対する退耕還林の影響分析——全国退耕還林モデル県（吳起県）を例に——. 中国農村經濟 10: 37-42. (中国語) 李 桦・姚 顺波・郭 亚军 2006. 退耕还林对农户经济行为影响分析——以全国退耕还林示范县（吴起县）为例. 中国农村经济 10: 37-42.
- 李 家康・林 葆・梁 国慶・潘 桂芹 2001a. 我が国の肥料使用に対する予測分析. リン肥料および複合肥料 16(2): 1-5. (中国語) 李 家康・林 葆・梁 国庆・沈 桂芹 2001a. 对我国化肥使用前景的剖析. 磷肥与复肥 16(2): 1-5.
- 李 家康・林 葆・梁 国慶・潘 桂芹 2001b. 我が国の肥料使用に対する予測分析(続). リン肥料および複合肥料 18(3): 4-8. (中国語) 李 家康・林 葆・梁 国庆・沈 桂芹 2001b. 对我国化肥使用前景的剖析(续). 磷肥与复肥 18(3): 4-8.
- 李 銳・楊 文治・李 壁成編 2008. 『中国黄土高原 研究および展望』科学出版社, 北京. (中国語) 李 锐・杨 文治・李 壁成編 2008. 『中国黄土高原 研究与展望』科学出版社, 北京.
- 李 書田・劉 曉永・何 萍 2017. 我が国の農業生産における養分要求分析. 植物栄養・肥料学報 23(6): 1416-1432. (中国語) 李 书田・刘 晓永・何 萍 2017. 当前我国农业生产中的养分需求分析. 植物营养与肥料学报 23(6): 1416-1432.
- 梁 俊・趙 政陽・樊 明涛・郭 碧雲・袁 景軍・王 雷存 2007. 陝西省の主産地で収穫されたリンゴ果実の残留農薬水準とその評価. 園芸学報 5: 1123-1128. (中国語) 梁 俊・赵 政阳・樊 明涛・郭 碧云・袁 景军・王 雷存 2007. 陕西苹果主产区果实农药残留水平及其评价. 园艺学报 5: 1123-1128.

- 劉 建生・劉 鵬生・劉 俊凱・賈 惠杰 1995.『山西近代經濟史』山西經濟出版社, 太原. (中国語) 刘 建生・刘 鵬生・刘 俊凱・贾 惠杰 1995.『山西近代经济史』山西经济出版社, 太原.
- 劉 曉永・李 書田 2017. 中国における茎葉資源およびそれらの田畑への還元状況に関する時空間分布. 農業工学学報 33(21): 1-19. (中国語) 刘 晓永・李 书田 2017. 中国秸秆养分资源及有效还田的时空分布. 农业工程学报 33(21): 1-19.
- 劉 艷華・徐 勇・劉 毅 2012. 黄土高原地区における 2000 年間の人口増加とその時空間分析. 地理科学進展 31(2): 156-166. (中国語) 刘 艳华・徐 勇・刘 毅 2012. 2000 年来黄土高原地区的人口增长及时空分异. 地理科学进展 31(2): 156-166.
- 劉 宇峰・原 志華・李 文正・孔 偉・張 莉・吳 林 2017. 1961~2013 年の黄土高原地区における旱魃および洪水の極端現象と持続性に関する分析. 地理研究 36(2): 345-360. (中国語) 刘 宇峰・原 志华・李 文正・孔 伟・张 莉・吴 林 2017. 1961-2013 年黄土高原地区旱涝特征及极端和持续性分析. 地理研究 36(2): 345-360.
- 魯 淵平・杜 繼・梁 生俊・袁 君健 2005. 陝北黄土高原における気候変動および植生環境の変化. 生態学雑誌 24(1): 53-57. (中国語) 鲁 渊平・杜 继稳・梁 生俊・袁 君健 2005. 陕北气候变化与生态植被变迁. 生态学杂志 24(1): 53-57.
- 呂 開宇・仇 煥広・白 軍飛・徐 志剛 2013. 中国におけるトウモロコシ茎葉資源の直接的な農地還元の現状と発展. 中国の人口・資源および環境 23(3): 171-176. (中国語) 吕 开宇・仇 焕广・白 军飞・徐 志刚 2013. 中国玉米秸秆直接还田的现状与发展. 中国人口・资源与环境 23(3): 171-176.
- 米 紅・蔣 正華 1996. 民国期の人口統計調査と資料の研究および評価. 人口研究 20(2): 44-52. (中国語) 米 红・蒋 正华 1996. 民国人口统计调查和资料的研究与评价. 人口研究 20(2): 44-52.
- 秦 燕 2001. 近代陝北黄土高原の商業貿易. 延安大学学报(社会科学版) 23(4): 75-78, 82. (中国語) 秦 燕 2001. 近代陕北的商业贸易. 延安大学学报(社会科学版) 23(4): 75-78, 82.
- 秦 燕 2016.『陝北黄土高原における村落と社会の変遷(1368-1949)』中国社会科学出版社, 北京. (中国語) 秦 燕 2016.『陕北黄土高原上的村庄与社会变迁(1368-1949)』中国社会科学出版社, 北京.
- 陝西省果業管理局 2015. 陝西省洛川県での「リンゴ病虫害に対する農薬散布量削減のた

- めの全国技術研修会」の開催. (中国語) 陝西省果業管理局 2015. 洛川县: 全国苹果病虫害农药减量控害技术培训会在洛川举行. <http://www.guoye.sn.cn/info/1/2388/23> (2018 年 7 月 15 日最終閲覧)
- 陝西省林業庁・陝西省林業調査計画院 2009.『陝西林業十年發展図集(2000 年～2009 年)』, 西安. (中国語) 陝西省林业厅・陝西省林业调查计划院 2009.『陝西林业十年发展图解(2000 年～2009 年)』, 西安.
- 史 恒通・霍 学喜・李 写一 2013. 陝西省洛川県におけるリンゴ産業の發展状況調査. 中国果樹 2013(2): 65-69. (中国語) 史 恒通・霍 学喜・李 写一 2013. 陝西洛川苹果产业发展状况调查. 中国果树 2013(2): 65-69.
- 史 念海 2001.『黄土高原歴史地理研究』黄河水利出版社, 鄭州. (中国語) 史 念海 2001.『黄土高原历史地理研究』黄河水利出版社, 郑州.
- 天水市地方誌編纂委員会編 2004.『天水市誌』方誌出版社, 北京. (中国語) 天水市地方志编纂委员会编 2004.『天水市志』方志出版社, 北京.
- 王 方浩・馬 文奇・竇 争霞・馬 林・劉 小利・許 俊香・張 福鎖 2006. 中国における家畜糞生産量の推計と環境影響. 中国環境科学 26(5): 613-617. (中国語) 王 方浩・馬 文奇・竇 争霞・馬 林・劉 小利・許 俊香・張 福鎖 2006. 中国畜禽粪便产生量估算及环境效应. 中国环境科学 26(5): 613-617.
- 王 兵・劉 国彬・張 光輝・楊 艷芬 2013. 黄土高原における退耕還林(草)プログラムの実施が食糧安全保障に及ぼす影響. 水土保持通報 33(3): 241-245. (中国語) 王 兵・劉 国彬・張 光輝・楊 艷芬 2013. 黄土高原实施退耕还林(草)工程对粮食安全的影响. 水土保持通报 33(3): 241-245.
- 吳旗県地方誌編纂委員会編 1991.『吳旗県誌』三秦出版社, 西安. (中国語) 吴旗县地方志编纂委员会编 1991.『吴旗县志』三秦出版社, 西安.
- 許 炯心 2007.『中国の河川地形システムに対する人間活動の影響』科学出版社, 北京. (中国語) 許 炯心 2007.『中国江河地貌系统对人类活动的响应』科学出版社, 北京.
- 許 炯心 2010. 黄河中流・粗粒黄土堆積区における 1997～2007 年の水土流出量の動向とその要因. 水土保持学報 24(1): 1-7. (中国語) 許 炯心 2010. 黄河中游多沙粗沙区 1997-2007 年的水沙变化趋势及其成因. 水土保持学报 24(1): 1-7.
- 郝 静・曹 明明 2008. 陝北黄土丘陵ガリ区における食糧安全保障に対する退耕還林

- の影響——榆林市米脂県を例に——. 乾燥地の資源と環境 22(8): 165-169. (中国語)
- 郝 静・曹 明明 2008. 陕北黄土丘陵沟壑区退耕还林对粮食安全的影响——以榆林市米脂县为例. 干旱区资源与环境 22(8): 165-169.
- 謝 晨・張 坤・彭 偉・王 佳男・劉 建烈・姜 喜麟・李 保玉 2015. 退耕還林轉換期における政策動向と需要——2014 年退耕還林社会經濟モニタリングに関する主要結果——. 林業經濟 6: 16-22. (中国語) 謝 晨・張 坤・彭 偉・王 佳男・劉 建杰・姜 喜麟・李 保玉 2015. 退耕还林工程交替期的政策趋势及需求——2014 退耕还林社会经济效益监测主要结果分析. 林业经济 6: 16-22.
- 信 忠保・余 新曉・甘 敬・王 小平・李 金海 2009. 黄河中流・河龍区間における植物被覆の変化と土砂流出との関係性に関する研究. 北京林業大学学報 31(5): 1-7. (中国語) 信 忠保・余 新曉・甘 敬・王 小平・李 金海 2009. 黄河中游河龙区间植被覆盖变化与径流输沙关系研究. 北京林业大学学报 31(5): 1-7.
- 延安市林業誌編纂委員会編 2011. 『延安市林業誌 (1997～2010)』陝西人民出版社, 西安. (中国語) 延安市林业志编纂委员会编 2011. 『延安市林业志 (1997～2010)』陝西人民出版社, 西安.
- 延安市誌編纂委員会編 1994. 『延安市誌』陝西人民出版社, 西安. (中国語) 延安市志编纂委员会编 1994. 『延安市志』陝西人民出版社, 西安.
- 楊 飛燕 2004. 陕北のナツメ産業——発展の現状, 問題および対策に関する研究. 陝西林業 2004(5): 38-39. (中国語) 杨 飞燕 2004. 陕北红枣产业——发展现状、问题及对策研究. 陕西林业 2004(5): 38-39.
- 姚 順波・張 曉蕾 2008. 退耕還林による農業構造への影響に関する実証的研究——陝西省吳起県を例に——. 林業經濟問題 28(5): 14-17. (中国語) 姚 順波・張 曉蕾 2008. 退耕还林对农业生产结构影响的实证研究——以陕北吴起县为例. 林业经济问题 28(5): 14-17.
- 姚 蓉 2011. 退耕還林 (草) の影響下にある延安市の食糧安全保障の現状評価分析. 水土保持研究 18(6): 226-235. (中国語) 姚 蓉 2011. 退耕还林 (草) 背景下延安市粮食安全态势评析. 水土保持研究 18(6): 226-235.
- 姚 蓉 2012. 延安市における退耕還林 (草) による食糧生産および食糧安全保障への影響. 中国の農業資源と地域計画 33(6): 18-22. (中国語) 姚 蓉 2012. 退耕还林 (草) 对延安市粮食生产及粮食安全的影响. 中国农业资源与区划 33(6): 18-22.

- 榆林地区地方誌指導小組編 1994. 『榆林地区誌』西北大学出版社, 西安. (中国語) 榆林地区地方志指导小组编 1994. 『榆林地区志』西北大学出版社, 西安.
- 榆林市誌編纂委員会編 1996. 『榆林市誌』三秦出版社, 西安. (中国語) 榆林市志编纂委员会编 1996. 『榆林市志』三秦出版社, 西安.
- 張 萍 2008. 明清期陝西省における定期市(集市)の発展と地域分布. 人文雑誌 1: 152-159. (中国語) 张 萍 2008. 明清陕西集市的发展及地域分布特征. 人文杂志 1: 152-159.
- 張 波・白 秀広 2017. 黄土高原地区におけるリンゴ栽培の化学肥料利用効率と影響要因——358 世帯のリンゴ果樹農家への調査データに基づいて——. 乾燥地の資源と環境 11: 55-61. (中国語) 张 波・白 秀広 2017. 黄土高原区苹果化肥利用效率及影响因素——基于 358 个苹果种植户的调查数据. 干旱区资源与环境 11: 55-61.
- 趙 佐平 2015. 陝西省のリンゴ栽培地における土壤汚染の現状評価分析. 北方園芸 11: 192-196. (中国語) 赵 佐平 2015. 陕西苹果土壤污染现状评估分析. 北方园艺 11: 192-196.
- 趙 師翔・趙 衛峰・姜 遠茂・張 福鎖 2017. 黄土高原におけるリンゴに対する窒素の過大な施与とその要因分析. 植物栄養・肥料学報 2: 484-491. (中国語) 赵 师翔・赵 卫峰・姜 远茂・张 福锁 2017. 黄土高原苹果过量施氮因素分析. 植物营养与肥料学报 2: 484-491.
- 趙 志軍 2017. 仰韶文化期における農耕生産の発展と農業社会の成立——魚化寨遺跡のフローテーション結果の分析——. 江漢考古 153: 98-108. (中国語) 赵 志军 2017. 仰韶文化时期农耕生产的发展和农业社会的建立——鱼化寨遗址浮选结果的分析. 江汉考古 153: 98-108.
- 中華民国交通史編纂執行小組編 1991. 『中華民国交通史(上)』財団法人華欣文化事業センター・華欣文化事業出版社, 台北. (中国語) 中華民國交通史編纂執行小組編 1991. 『中華民國交通史(上)』財團法人華欣文化事業中心・華欣文化事業出版社, 臺北.
- 朱 建春・李 榮華・楊 香雲・張 增強・樊 志民 2012. 陝西省における家畜糞の時空間分布, 窒素・リン酸負荷および利用戦略. 再生可能エネルギー30(12): 117-121. (中国語) 朱 建春・李 荣华・杨 香云・张 增强・樊 志民 2012. 陕西畜禽粪便的时空分布、氮磷负荷及利用策略. 可再生能源 30(12): 117-121.

謝 辞

本論文は、京都大学大学院地球環境学舎地域資源計画論分野において、環境マネジメント専攻修士課程および地球環境学専攻博士課程に在籍中に行った研究を取りまとめたものです。本論文の作成に当たり、多くの方々のご指導、ご支援を頂きました。これまでの多大なるご厚意に対し、記してここに感謝の意を表します。

まず、厳しいご指導とともに、身に余る研究環境を与えてくださった西前出先生に感謝したいと思います。西前先生には5年間に渡りご指導頂きました。経験のない中国・黄土高原での調査・研究の実施に理解を示して頂き、研究の遂行において常に的確なご示唆を頂きました。とりわけ、学生の自由な発想を許容し、かつ必要に応じて方向修正を頂くなど、先生の寛容さの下だからこそ、今日まで研究を続けることができたと実感しています。論文執筆では、休日や多忙な時期でも、常に丁寧に添削、指導くださり、感謝の念に堪えません。

同じ研究室の堤田成政助教には、海外勤務中でも、ご自身の経験を踏まえて、的確で有益なご助言、ご叱咤を頂きました。GIS やリモートセンシングに関する先進的な分析手法から、研究者として世界と向き合う姿勢についてまで、これまでの経験を含めて広く知見を還元下さり、勉強になることばかりでした。滋賀県琵琶湖環境科学研究センターの浅野悟史研究員には、研究室の先輩として、当時修士課程だった私に対し、地域状況の解釈や分析方法について、フィールドでのご自身の経験を踏まえた幅広いご助言をくださるとともに、長時間にわたり議論にお付き合い頂くことも多々ありました。何より同じ研究室で、研究員として研究に取り組まれる姿勢を拝見した月日は、私にとってかけがえのない財産です。

修士論文の副査を担当してくださった、地球環境学堂の劉徳強先生（現：経済学研究科教授）、吉野章先生、本博士学位論文の副査をお引き受けくださった、柴田昌三先生、真常仁志先生にも、ご多忙のところ、大変丁寧に査読頂き、示唆に富む多数のご助言を賜りました。先生方の多大なるお導きに対し、心より御礼申し上げます。

インターン研修指導責任者で、中国・西北農林科技大学林学院教授の蘇印泉先生には、国際情勢も芳しくない中、留学をお引き受け下さり、希望する調査地や、関係する政府担当者をご紹介頂くなど、本研究の基礎構築に多大なるご尽力を頂きました。一般社団

法人 Thera-projects 理事長の小林昭雄先生（大阪大学名誉教授）、研究員の頼萍先生、大阪大学産業科学研究所研究員の加藤久明先生（元：総合地球環境学研究所研究員）には研修先決定までの一貫した多大なるご支援と、研究に対する多くのご助言を頂きました。皆さまのご厚意がなければ、中国での研究は始めることさえ叶わないものでした。

西北農林科技大学国際交流・合作処処長で経済管理学院教授の余勁先生には、博士課程を通じて、現地調査や同大学への度々の訪問に対し、多大なご支援とご指導を頂きました。同学院の姚順波教授も、現地調査の実現にご尽力くださり、お世話になりました。

モンゴル国ナラン学校の栗山知之博士（元：西北農林科技大学人文学院）、同大学林学院技師の馬成麟先生、林学院研究員の朱銘強博士、機械・電子工程学院教授の崔永杰先生、外語系の後藤美智子先生、中国科学院・水利部水土保持研究所研究員の杜盛先生、各部局の学生の皆さまには、現地調査やインターン中の現地での生活全般にわたり、ご相談に乗って頂きました。皆さまの暖かいお心遣いなくして、これまでの研究活動は想像できません。調査にご協力頂いた各地方人民政府および地域住民の皆さまにも、心より深く感謝申し上げます。

金沢大学地域創造学類准教授の青木賢人先生、林紀代美先生には、学部4年間を通じてご指導頂き、自然地理学、人文地理学の基礎だけでなく、地域調査の「いろは」、「地域を見る目」を教わり、今日に至る大学院・博士課程進学の道を志すきっかけを与えてくださいました。とくに、「黄土高原を対象に卒業論文を書きたい」という挑戦に対し、背中を押してくださったことが、大学院での研究活動を可能にしてくださいました。また進学後も絶えず温かい励ましをいただきました。

総合地球環境学研究所准教授の近藤康久先生には、2016年度の特別共同利用研究員としてお引き受けくださり、ご指導頂きました。所内での研究活動のご支援だけでなく、研究結果を発表する機会を頂きました。当該成果は、力不足により本学位論文の内容に含めることができませんでしたが、多分野の専門家の先生方との議論は、自身の成長と本論文の執筆において不可欠な経験となりました。

立命館大学文学部准教授の松永光平先生（元：慶應義塾大学講師）には、学部3年時に慶應義塾大学湘南・藤沢キャンパスを訪問し、ご多忙の中議論に応じて頂いて以来、黄土高原研究の大先輩として度々ご相談に乗って頂きました。とくに頂戴した御著書『中国の水土流失 史的展開と現代中国における転換点——現代中国地域研究叢書5——』は、本学位論文でも何度も引用させて頂くなど、本学論文の執筆に欠かせない

示唆を頂きました。京都大学大学院人間・環境学研究科教授の小島泰雄先生、大阪大学大学院文学研究科教授の佐藤廉也先生は、中国研究、黄土高原研究、人文地理学の視点から、投稿論文や学会発表に対して常にご批評をくださり、研究を続けるうえで貴重なご助言を頂きました。佐藤先生には、お忙しいなか、本博士学位論文の公聴会にも足をお運びくださり、今後の研究活動にも繋がる貴重なご指摘を頂きました。

最後になりましたが、大学院・研究室でともに学びあった同期、先輩、後輩の皆さまに感謝します。ともに切磋琢磨してきたからこそ、これまで頑張り続けることができました。彼ら学友の存在無くして、本学位論文の完成は考えられません。とくに、京都大学学際融合教育推進センター森里海連環学教育研究ユニット特定研究員の時任美乃理さんには、1年先輩として、博士学位論文の執筆や公聴会の準備では多数のご助言を頂きました。修士課程以来5年間、私にとって少し前を歩まれる時任さんのような存在ほど、貴重な道しるべはありませんでした。井村美保さん、最上智也さん、森川紗綾さんとは、修士課程を通じて、同じ研究室で学び、夜遅くまで議論し、励まし合いながら、時にはふざけ合いながら、修士論文を完成させました。彼らとの2年間によって、慣れない京都での研究生活を何とか軌道に乗せることができ、結果として、今日まで辿り着くことができました。卒業後も何かと気にかけてくれ、冗談の言い合える、心強く、かけがえのない同期であります。また、公聴会の発表準備の際には、岸本奈都子さん、富田諒さん（以上、2019年3月修士課程修了）が貴重な時間を割いて手伝ってくれました。加えて、普段から、Richa Kandpalさん、Sonam Sahuさん（以上、博士後期課程）、Zhao Jingさん（修士課程）、Adzani Ameridyaniさん（2018年9月修士課程修了）、Joseph Percivalさん（2018年3月修士課程修了）ら、たくさんの学生室の仲間が、英語、中国語の表現や翻訳について助言をくれたり、さまざまな原稿の校閲を引き受けてくれたりと、快く協力してくださいました。本学位論文の英語、中国語要旨は、（株）インターブックスが翻訳し、Richa Kandpalさん、Zhao Jingさんらの校閲を経て完成しました。本学位論文は、こうした皆さまの暖かいご支援の賜物です。ここに記して感謝申し上げます。そして、進学に理解を示し、その後も支援してくれた家族に深く感謝します。

なお、本研究は、科学研究費補助金（特別研究員奨励費）（原 裕太，No.18J14457）、笹川科学研究助成（原 裕太，No. 28-634）、公益財団法人三菱財団第45回人文科学研究助成（代表：西前 出，No.13）の助成を受けて遂行したものである。